



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA RIEGO AUTOMATIZADO  
CONTROLADO POR SENSORES

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información

Profesor guía

MSC. Jean-Michel Clairand Gómez

Autor

Emilio José Pinos Tafur

Año

2017

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

"Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación".

---

Jean-Michel Clairand Gómez

Master of Science

CI: 1714736681

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

"Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación".

---

David Fernando Pozo Espin  
Magister en Automática y Robótica  
CI: 1717340143

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes".

---

Emilio José Pinos Tafur

CI:1719872044

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional en mi vida como durante mi formación académica, guiar mis pasos, y ser un gran ejemplo a seguir. Agradezco a mi esposa y mi hija por su comprensión y apoyo, por ser quienes me ayudan a ser una persona mejor.

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mi esposa, mi hija, mis padres y abuelos ya que sin ellos no sería una persona con valores y convicción que el mundo necesita para desarrollar soluciones tecnológicas de alto nivel.

## RESUMEN

El presente documento de titulación consiste en el diseño de un prototipo para un sistema de riego controlado mediante sensores inalámbricos. Dicho prototipo permitirá mejorar y optimizar a futuro la utilización del recurso vital (agua) para el riego tanto en florícolas, agricultura, racionamiento de agua, producción de productos no transgénicos en el hogar, entre otros, permitiendo realizar estas tareas de manera remota accediendo desde cualquier tipo de dispositivo que tenga acceso a internet ya sea este un Smartphone, una Tablet, laptop o pc de escritorio.

Para ello se diseñarán módulos inalámbricos que se conectarán a la red local del usuario y serán estos los que permitan cargar información relevante como temperatura, humedad relativa del suelo, lluvia, luminosidad, entre otros, a su vez se diseñarán módulos de control inalámbricos que permitirán el control de diversos tipos de electroválvulas u otros elementos electrónicos como motores a pasos.

Debido a que el usuario deberá poder acceder al control del sistema de manera remota, se desarrollará un servidor web junto a una base de datos local, adicionalmente se deberá configurar el router del usuario para permitir el correcto redireccionamiento del usuario desde la internet hacia la red local, con lo cual podrá acceder a información y tomar decisiones (activar, parar o programar el sistema) en base a los parámetros y comportamiento del sistema que se ha guardado en la base de datos, así como ver estadísticas de la información recibida de los sensores que se desplegarán en gráficas amigables al usuario.

Siendo esto lo que a futuro con un análisis de Big Data permitirá que el sistema se vuelva autónomo, economizando el recurso vital para obtener los mejores resultados en la producción de alimentos, cuidado de sembríos, racionamiento de agua entre otros.

## **ABSTRACT**

The present titling document consists of the design of a prototype for an irrigation and control system based on wireless sensors. This prototype will allow to improve and optimize in the future the use of the vital resource (water) for irrigation in floricultural, agriculture, water rationing, production of non-transgenic products in the home, among others, allowing to the user perform these tasks remotely by accessing through any type of device that has access to internet whether it is a smartphone, a tablet, laptop or desktop pc.

To accomplish this, the wireless modules will be designed to be connected to the user's local network and will be used to load relevant information such as temperature, soil relative humidity, rainfall, lightness, among others, at the same time the wireless control modules will be develop to handle several types of solenoid valves or other electronic elements such as step motors.

Because the user must be able to access the system control remotely, a web server will be developed with a local database, in addition the user's router must be configured to allow the user to correctly redirecting from the internet to the local network, where the user will be allowed to access information and make decisions (activate, stop or program the system) based on the parameters and behavior of the system that has been stored in the database, as well as view statistics of the information received from the sensors that are displayed in friendly graphic charts to the user. This being what, in the future, with a big data analysis, will allow the system to become autonomous, saving the vital resource to obtain the best results in the production of food, care of crops, water rationing among others.



# ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Justificación .....	2
1.2	Objetivos .....	3
1.3	Metodología a utilizar .....	3
2	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1	Sensores .....	5
2.1.1	Clasificación .....	6
2.1.2	Acondicionamiento de la señal .....	9
2.1.3	Sensores inalámbricos .....	10
2.2	Redes inalámbricas.....	12
2.2.1	Topologías.....	13
2.3	Sistemas de riego.....	14
2.3.1	Equipos mecánicos .....	15
2.3.2	Equipos electrónicos .....	15
2.4	Electroválvulas .....	16
2.5	Lenguajes de programación.....	18
2.5.1	PHP .....	21
2.6	Microcontroladores .....	21
2.6.1	Arduino uno .....	21
2.6.2	ESP8266 .....	24
2.6.3	Raspberry pi .....	27
3	DESARROLLO .....	29
3.1	Servidores .....	29
3.1.1	Web .....	30
3.1.2	Base de datos .....	30
3.1.3	Instalación servidores.....	30
3.1.4	Diseño base de datos.....	37
3.1.5	Diseño de la interfaz gráfica.....	42
3.2	Diseño de módulos.....	48
3.2.1	Elementos.....	49

3.2.1.1	Microcontrolador .....	49
3.2.1.2	Sensor de humedad y temperatura dht11 .....	51
3.2.1.3	Sensores análogos (humedad del suelo, lluvia y luminosidad) .....	53
3.2.1.4	Electroválvula .....	55
3.2.2	Módulos de carga y control .....	55
3.2.3	Esquematación .....	55
3.2.3.1	Diseño PCB, simulación y construcción .....	67
3.2.4	Programación .....	71
3.3	Configuración del router. ....	73
3.4	Costos del sistema .....	76
4	PRUEBAS .....	77
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
5.1	Conclusiones .....	83
5.2	Recomendaciones .....	83
	REFERENCIAS .....	84
	ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dominio de datos.....	6
Figura 2. Sensores activos vs pasivos.....	7
Figura 3. Acondicionamiento de señal.....	10
Figura 4. Diagrama sensor inalámbrico.....	11
Figura 5. Clasificación Redes Inalámbricas.....	13
Figura 6. Temporizador mecánico.....	15
Figura 7. Gardena, temporizador digital.....	16
Figura 8. Electroválvula de Acción Directa.....	17
Figura 9. Esquema electroválvula acción directa.....	18
Figura 10. Arduino, Placas Arduino Uno Y Genuino.....	22
Figura 11. IDE de Arduino.....	24
Figura 12. Diagrama de bloques esp8266.....	25
Figura 13. Diseño de la solución.....	29
Figura 14. Instalación de apache desde consola.....	30
Figura 15. Página principal vía localhost.....	31
Figura 16. Página principal vía dirección ip.....	32
Figura 17. Directorio apache.....	32
Figura 18. Instalación php por consola.....	33
Figura 19. Instalación completa php.....	33
Figura 20. Creación archivo test.php.....	34
Figura 21. Despliegue test.php.....	34
Figura 22. Instalación Mysql por línea de consola.....	35
Figura 23. Ingreso clave Mysql.....	35
Figura 24. Instalación phpmyadmin.....	36
Figura 25. Configuración phpmyadmin.....	36
Figura 26. Cnfigurar BDD para phpmyadmin.....	36
Figura 27. Insertar password de Mysql.....	36
Figura 28. Confirmación del password.....	37
Figura 29. Página inicio phpmyadmin.....	37
Figura 30. Creación base de datos.....	38
Figura 31. Creación de tabla.....	38
Figura 32. Definición de clave primaria.....	39
Figura 33. Definición de atributos.....	39
Figura 34. Diagrama general de la BDD.....	42
Figura 35. Esquema web.....	43
Figura 36. Diagrama estructura página web.....	44
Figura 37. Respuesta iphone6 modo horizontal despliegue de datos.....	45
Figura 38. Respuesta iphone6 modo horizontal página control sistema.....	45
Figura 39. Respuesta iphone6 modo vertical.....	46
Figura 40. Respuesta iphone6 modo vertical página control.....	46
Figura 41. Respuesta iphone6 modo horizontal página principal.....	46
Figura 42. Respuesta nexus5 modo horizontal despliegue datos.....	47

Figura 43. Respuesta Nexus modo horizontal control sistema. ....	47
Figura 44. Respuesta nexus5 modo vertical despliegue datos. ....	48
Figura 45. Respuesta nexus5 modo vertical control sistema. ....	48
Figura 46. Esp8266 tamaño. ....	50
Figura 47. Características ADC. ....	51
Figura 48. Sensor de humedad y temperatura ambiente DHT11.....	52
Figura 49. Caracterización del DHT11.....	52
Figura 50. Trama Protocolo 1 Wire en DHT11. ....	53
Figura 51. Sensor de luminosidad resistivo. ....	54
Figura 52. Sparkfun, sensor de lluvia capacitivo. ....	54
Figura 53. Sparkfun, sensor de humedad del suelo capacitivo.....	54
Figura 54. Electroválvula 12V .....	55
Figura 55. Circuito de alimentación.....	57
Figura 56. Circuito básico esp8266.....	58
Figura 57. Circuito control sensores analógicos. ....	60
Figura 58. Divisor de tensión. ....	61
Figura 59. Divisor de tensión de valores proporcionales.....	61
Figura 60. Recomendación pull-up .....	62
Figura 61. Circuito transmisión de datos. ....	62
Figura 62. Circuito completo módulo de carga. ....	63
Figura 63. Circuito control electroválvula.....	65
Figura 64. Simulación en activación. ....	65
Figura 65. Simulación en apagado. ....	66
Figura 66. Circuito módulo de control. ....	66
Figura 67. Definición límites de la placa. ....	67
Figura 68. Vista 3D superior módulo de carga. ....	67
Figura 69. Vista 3D inferior módulo de carga. ....	68
Figura 70. Diseño pcb modulo control. ....	68
Figura 71. Vista 3D superior modulo control.....	69
Figura 72. Vista 3D inferior modulo control.....	69
Figura 73. Placa siendo perforada.....	70
Figura 74. Módulos Completos. ....	70
Figura 75. Lógica módulo de control.....	71
Figura 76. Lógica módulo de carga.....	72
Figura 77. Inicio sesión. ....	73
Figura 78. Configuración de puertos.....	74
Figura 79. Puertos configurados. ....	74
Figura 80. Configuración de DDNS.....	75
Figura 81. DDNS configurado. ....	75
Figura 82. Conexión exitosa a la red. ....	78
Figura 83. Registro exitoso de datos. ....	78
Figura 84. Acceso desde red celular.....	79
Figura 85. Acceso desde otro proveedor de servicios.....	80
Figura 86. Referencia de distancia con línea de vista. ....	81
Figura 87. Referencia de distancia sin línea de vista. ....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de sensores .....	7
Tabla 2. Aplicaciones de sensores. ....	9
Tabla 3. Aplicaciones comunes .....	12
Tabla 4. Resumen de topologías. ....	13
Tabla 5. Resumen de Electroválvulas. ....	16
Tabla 6. Clasificación lenguajes de programación.¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 7. Características Arduino.....	23
Tabla 8. Versiones esp8266. ....	26
Tabla 9. Recomendaciones RaspberryPi alimentación. ....	27
Tabla 10. Dispositivo. ....	40
Tabla 11. Tipo Sensor. ....	40
Tabla 12. Parámetro.....	40
Tabla 13. Dispositivo. ....	41
Tabla 14. Usuario. ....	41
Tabla 15. Transacción.....	41
Tabla 16. Módulos necesarios. ....	43
Tabla 17. Comparativa de microcontroladores .....	49
Tabla 18. Aplicaciones comunes esp8266 .....	50
Tabla 19. Resumen de voltaje y corriente .....	56
Tabla 20. Costos del Sistema .....	76
Tabla 21. Pruebas a realizar. ....	77

# 1 INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología y modernización de la sociedad, el ritmo de vida se ve cada vez más acelerado, siendo así que las relaciones interpersonales ya no están limitadas a un espacio físico, estas se realizan de manera remota desde dispositivos móviles como celulares, tablets, pcs entre otros. A su vez, el crecimiento acelerado de la población mundial y la cantidad de alimento que demanda ha llevado al desarrollo de productos transgénicos, los cuales han sido modificados genéricamente para una producción masiva, sin embargo, investigaciones científicas ha comprobado que el consumo de transgénicos puede producir problemas de salud (Smith, Chica, & Vallecillo, 2015), y a su vez un gran problema ambiental debido a la gran deforestación producida para cultivar estos productos.

Por otro lado, quienes optan por una alimentación saludable, el tiempo y cuidado que se requiere para producir sus alimentos de una manera artesanal puede no ser el que desean debido al tiempo que demandan sus empleos, actividades sociales y familiares.

Si bien el riego es una actividad que se realizaba manualmente durante varias horas según la extensión a cubrir, para el ámbito industrial y otros, esta tarea se ha ido automatizando con la utilización de sistemas mecánicos y digitales, sin embargo, estos no permiten un ahorro y eficiencia en el uso del agua. En cuanto a los sistemas mecánicos requieren solo una vez la intervención del usuario para un ciclo de riego, sin embargo, también existen sistemas digitales los cuales pueden ser programados y calendarizados para realizar el riego todos los días a una hora específica.

La desventaja de estos sistemas radica en el nivel de intervención del usuario, para el sistema mecánico se requiere la intervención directamente para la inicialización del sistema, mientras que en el digital no discrimina si se debe o no realizar el riego o si el área a cubrir ya ha sido regada.

El presente proyecto propone el diseño de un sistema de irrigación controlado a distancia mediante la utilización de sensores inalámbricos, basados en el chip esp8266, el despliegue de la información recolectada por los sensores (temperatura, humedad, luminosidad) en una página web desde la cual se gestionará el sistema.

El proyecto consta del diseño de la página web, el despliegue de la información dinámica utilizando google charts, las gráficas desplegarán información como historial de temperatura, luminosidad, humedad entre otros de manera diaria, promedio semanal y mensual; los datos serán adquiridos por los módulos a desarrollar los cuales cargarán la información en la base de datos Mysql. Para la carga de datos desde los sensores inalámbricos se hará uso del lenguaje de programación php y del protocolo TCP/IP.

La página web permitirá al usuario establecer la configuración en cuanto a horario de riego deseado, además de permitir un control a distancia sobre el sistema y detenerlo en cualquier momento. Los sensores inalámbricos enviarán la información, ya sea mediante la red wifi del usuario o mediante un nodo central con comunicación GSM. El módulo esp8266 será la base de los sensores inalámbricos como de los actuadores que activarán las electroválvulas, para ello estos realizarán consultas a la base de datos.

## **1.1 Justificación**

En la actualidad en el Ecuador no existen sistemas de irrigación y control que permitan a sus usuarios un manejo total a distancia. Los sistemas de irrigación existentes para el mercado ecuatoriano son análogos y mecánicos, por lo cual restringen las opciones del usuario a las cuales ya han sido predefinidas y lo atan a una tarea rutinaria. El sistema a desarrollar permitirá al usuario mayor libertad y control sobre el sistema de irrigación, permitiéndole al usuario ocupar su tiempo en distintas actividades, el sistema permitirá un uso responsable de este recurso, además, el proyecto se alinea con el plan nacional de riego y drenaje del Ecuador.

## 1.2 Objetivos

### Objetivo General

- Desarrollar un prototipo para un sistema de irrigación, utilizando sensores inalámbricos, que permita al usuario interacción remota con el mismo.

### Objetivos Específicos

- Análisis de las tecnologías y microcontroladores existentes para el control inalámbrico.
- Diseño de la base de datos a utilizar para el almacenamiento de la información.
- Diseño de la página web desde la cual se gestionará el control y visualización el sistema.
- Diseño de los módulos de adquisición de datos como los de control.
- Pruebas del prototipo y recolección de información.

## 1.3 Metodología a utilizar

En el presente anteproyecto se utilizará las siguientes herramientas de la metodología experimental:

1. Construcción de prototipos para la adquisición de datos provenientes de los sensores al igual que controladores.
2. Implementación de un servidor XAMPP.
3. Medición de la calidad de la información enviada por los sensores inalámbricos.
4. Medición de la facilidad de uso por el usuario de la interface.

Para la construcción de los prototipos, se utilizará el chip esp8266 como controlador principal, para la programación de los mismos, se utilizará el software Arduino con el SDK específico para el esp8266, mediante el software Proteus se realizará el diseño del hardware y simulación del mismo que permitirá la conexión de los sensores con el esp8266 y de los actuadores.



Para la implementación de un servidor XAMPP, se hará uso una máquina virtual gestionada en VirtualBox, utilizando el sistema operativo Ubuntu, generando así un ambiente de pruebas. El servidor XAMPP constará de Apache para la visualización de páginas web, Mysql para la base de datos que almacenará la información enviada por los sensores y Php para permitir la carga de información mediante peticiones realizadas desde los prototipos desarrollados.

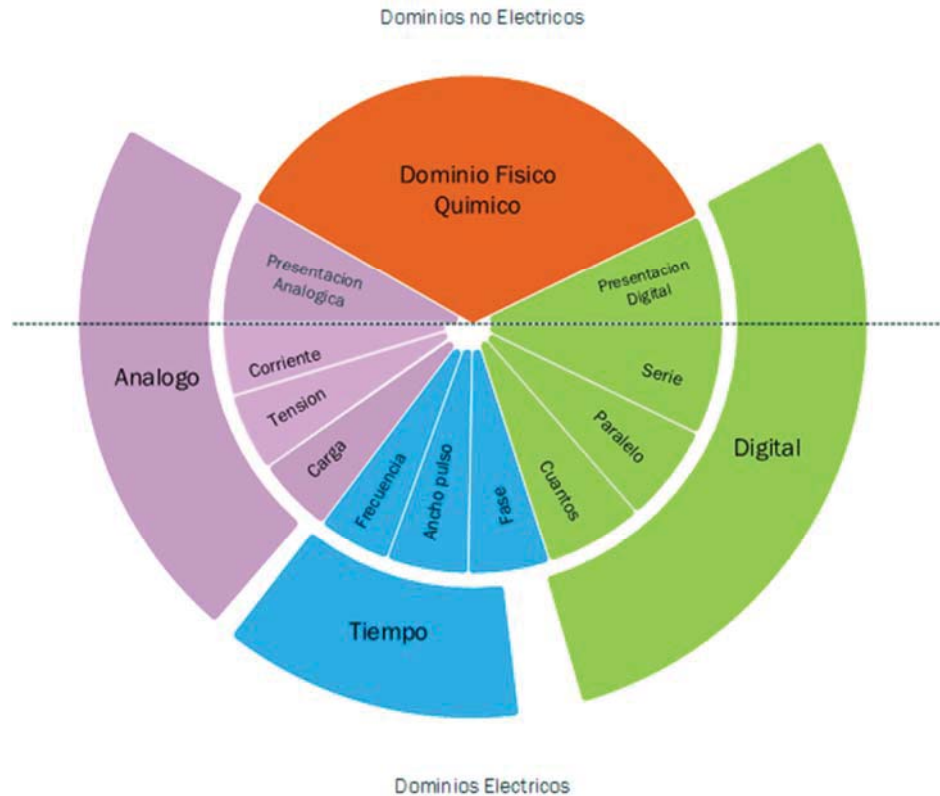
Se realizarán pruebas con las cuales se verificará los valores enviados por los sensores, así como los que se deberán asociar con valores no válidos y sean característicos de un mal funcionamiento.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Sensores

En el día a día estamos rodeados por sensores, ya sean estos de temperatura, luminosidad, movimiento, entre otros, *“un sensor es un dispositivo, que a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de la salida trasducible que es función de la variable medida”* (Pallas Areny, 2004) ,es decir, estos sensores miden magnitudes físicas, las cuales emiten una señal en proporción de la variable que se mide, esta información tras ser procesada por otros elementos electrónicos, permite el control de dispositivos como aires acondicionados, alarmas contra incendios, refrigeradores, e inclusive la cantidad de aire en los neumáticos. Pero estos sensores se clasifican en 2 grandes grupos según como estos representan estas magnitudes, y son sensores analógicos y digitales.

En la Figura 1 se observa una representación de la información que es emitida por estos sensores tanto en el dominio eléctrico como el no eléctrico. Si bien en el dominio no eléctrico se puede medir variables de manera analógica como es el caso de la balanza o de manera digital mediante la utilización del flexómetro, en cuanto a magnitudes físicas y químicas se puede hacer relación al peso o el volumen que ocupan dichos elementos; sin embargo, en el dominio eléctrico y en especial en el analógico se sabe que este es sensible a interferencias eléctricas, a su vez en el dominio del tiempo los valores de la variable codificada no se pueden convertir a valores numéricos, estos deben ser medidos en un ciclo o pulso; por otro lado, el valor de la variable en el dominio digital es instantáneo siendo parte de 2 estados los cuales pueden representar una palabra en serie o varios bits en paralelo.



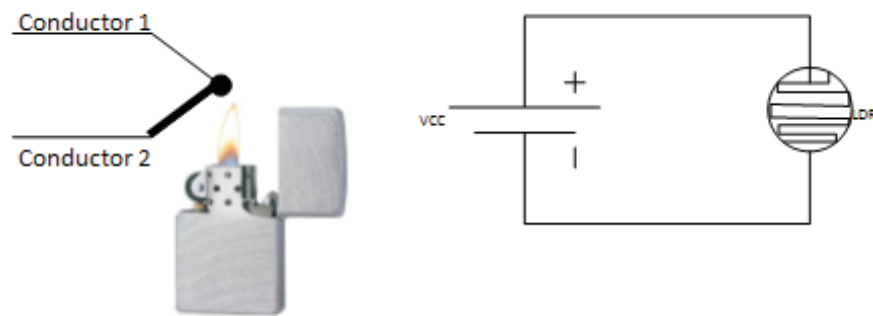
**Figura 1.** Dominio de datos.

*Adaptado de (Pallas Areny, 2004)*

### 2.1.1 Clasificación

Debido a la gran cantidad de sensores existentes y en desarrollo es necesario clasificarlos para entender de mejor manera su funcionamiento y naturaleza.

A partir de su funcionamiento se clasifican en 2 grandes grupos, siendo uno de ellos los activos aquellos que requieren de una fuente de alimentación externa para su funcionamiento mientras que los pasivos dadas las condiciones naturales en las que se encuentran son capaces de generar energía para su funcionamiento. Para una mejor comprensión yace un ejemplo en la Figura 2.



**Figura 2.** Sensores activos vs pasivos.

Nota: A la izquierda se observa un sensor activo que genera energía a partir del calor mientras que a la derecha se observa una LDR. Adaptada de (Serna Ruiz, Ros Garcia, & Rico Nogera, 2010)

En la Tabla 1 se resume de manera global las clasificaciones de los sensores tomando en cuenta los elementos de fabricación, el factor de la naturaleza que miden entre otros.

**Tabla 1.**

*Clasificación de sensores.*

CLASIFICACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>FABRICACIÓN</b>	Mecánicos	Utilizan contactos para abrir o cerrar.
	Resistivos	Poseen elementos resistivos.
	Capacitivos	Utilizan condensadores
	Inductivos	En su fabricación poseen bobinas
	Piezoeléctricos	Utilizan cristales como el cuarzo
	<i>Semiconductores</i>	Están compuestos de semiconductores
<b>NATURALEZA</b>	Posición	Varían su valor según la posición en la que se encuentran a cada instante.
	Fotoeléctricos	Varían su valor según la incidencia de luz sobre ellos.

<b>SEÑAL</b>	Magnéticos	Varían su valor según la intensidad del campo magnético que los atraviesa.
	Humedad	Varían su valor según el nivel de humedad del ambiente en el que se encuentran.
	Temperatura	Varían su valor según la temperatura del lugar en el que han sido posicionados.
	Presión	Varían su valor según la presión a la que son sometidos.
	Químicos	Varían su valor según los agentes externos que inciden sobre ellos.
	Analógicos	Proporcionan una señal (tensión o corriente) con infinitos valores entre un máximo y mínimo.
	Digitales	Proporcionan información mediante 0 y 1 o códigos de bits.

Para el correcto diseño de una aplicación que requiera sensores de deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Velocidad de respuesta.
- Radio de acción.
- Fiabilidad en su funcionamiento.
- Voltaje de alimentación.
- Consumo de corriente.
- Márgenes de operación.
- Posibles interferencias.

- Resistencia a agentes externos.
- Relación calidad/precio.

Adicionalmente se debe conocer características adicionales que serán decisivas para la selección de los sensores como son:

1. Resolución: la menor variación de la magnitud a ser sensada.
2. Sensibilidad: relación entre la magnitud sensada y la obtenida.
3. Error: desviación entre la medida obtenida por el sensor con respecto a la magnitud real.
4. Precisión: el error de la muestra máximo esperado.

En la

se enlistan algunos de los sensores más utilizados según la aplicación.

**Tabla 2.**

*Aplicaciones de sensores.*

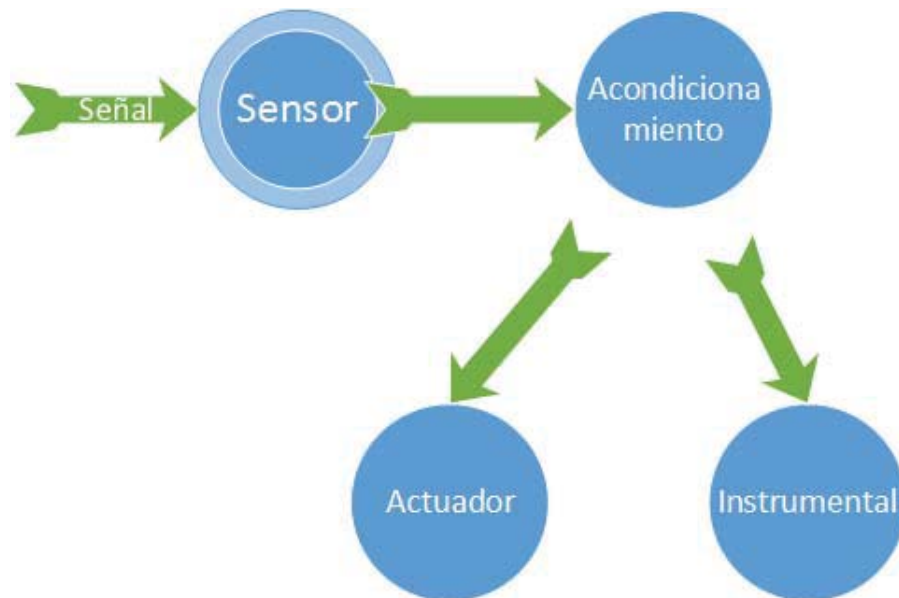
<b>Aplicación</b>	<b>Sensor</b>
<b>Iluminación</b>	FOTORESISTIVOS(LDR), FOTOELÉCTRICOS
<b>Humedad</b>	TERMISTORES (PTC, NTC, SEMICONDUCTORES)
<b>Posición</b>	MECÁNICOS, RESISTIVOS, ACELERÓMETROS
<b>Distancia</b>	INFRARROJOS, ULTRASONIDOS
<b>Presión</b>	PIEZOELÉCTRICOS, RESISTIVOS
<b>Caudal</b>	PIEZOELÉCTRICOS, MAGNETORESISTIVOS
<b>Frio/calor</b>	CÉLULAS PELTIER
<b>Químicos</b>	<b>Detectores de gas y humos</b>

### 2.1.2 Acondicionamiento de la señal

Como se vio anteriormente, los sensores con la ayuda de otros elementos permiten traducir una magnitud física en otra que se pueda cuantificar ya sea

esta una tensión o corriente e inclusive frecuencia. Antes de utilizar estos valores es necesario acondicionarlos ya que no siempre la señal de salida de estos proporciona una relación lineal con la magnitud física o depende de otros factores como el voltaje de alimentación entre otras.

Para ello se utilizan circuitos acondicionadores de señal, la guía práctica de sensores menciona lo siguiente "los circuitos acondicionadores se pueden definir como aquellos que permiten una señal válida a ser procesada por actuadores o equipos de instrumentación como osciloscopios, pantallas LCD, ente otros" (Serna Ruiz, Ros Garcia, & Rico Nogera, 2010, p. 11). Entre los circuitos acondicionadores más comunes se encuentran divisores de tensión, puentes de Wheatstone, transistores, amplificadores operacionales, multivibradores (generan frecuencia). En la Figura 3 se observa un diagrama representativo para el acondicionamiento de una señal.

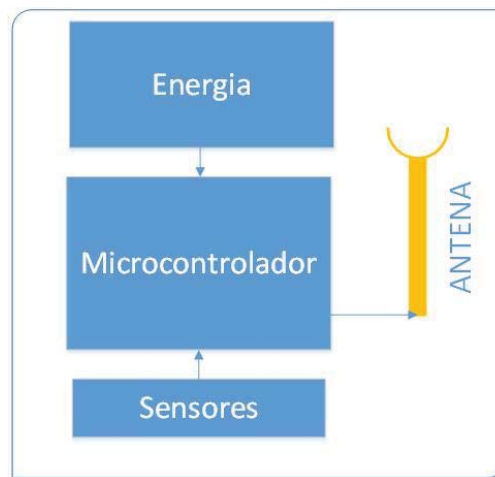


**Figura 3.** Acondicionamiento de señal

### 2.1.3 Sensores inalámbricos

Estos dispositivos se caracterizan por la utilización de otros sensores conectados a un microprocesador el cual envía la señal mediante otros elementos a través

del espacio radioeléctrico (medio no guiado), en la Figura 4 se observa un diagrama sobre los elementos que constituyen un sensor inalámbrico.



**Figura 4.** Diagrama sensor inalámbrico

Cabe denotar que estos sensores presentan una interfaz que une el mundo virtual con la realidad, estos forman parte de una gran cantidad de aplicaciones tanto industriales como del hogar, en la

se detallan algunas de sus aplicaciones:

**Tabla 3.**

*Aplicaciones comunes*

APLICACIONES	EJEMPLOS
<b>MILITARES</b>	Monitorización de fuerzas y equipos enemigos
	Vigilancia del campo de batalla
	Reconocimiento del terreno
	Detección de ataques biológicos, químicos o nucleares
	Seguimiento de animales
<b>MEDIOAMBIENTALES</b>	Monitorización de condiciones ambientales en cultivos
	Riego
	Agricultura de precisión

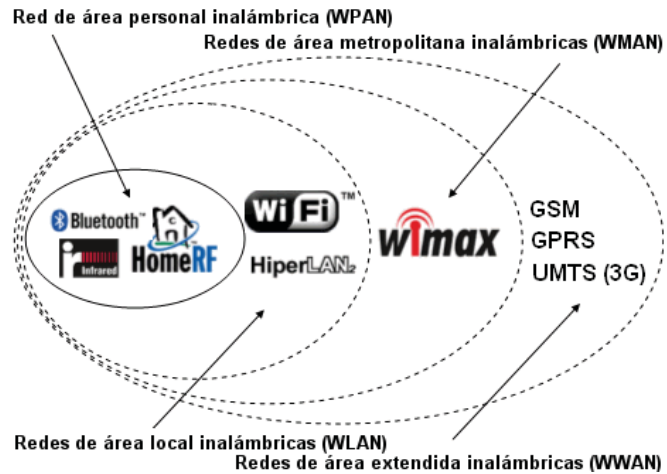


<b>MEDICINA</b>	Detección de incendios forestales
	Estudios de contaminación
	Prevención de desastres
	Estudios sísmicos
	Seguridad de estructuras
	Telemonitorización de datos fisiológicos de pacientes
	Diagnóstico
	Administración de medicamentos
	Seguimiento de médicos y pacientes en hospitales
<b>HOGAR Y EDIFICIOS</b>	Domótica
	Control doméstico
	Entornos inteligentes
<b>INDUSTRIALES</b>	Seguimientos de vehículos
	Control de flota
	Control de inventarios
<b>TURÍSTICOS</b>	Interactividad de museos y espacios turísticos.

## 2.2 Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas se definen como redes formadas por 2 dos o más terminales las cuales hacen uso de ondas electromagnéticas para transmitir información, de esta forma se evita el uso de cables y permite una mayor movilidad de los terminales.

Según el área de cobertura las redes inalámbricas se clasifican: WPAN, WLAN, WMAN Y WWAN, eso se puede apreciar de mejor manera en la Figura 5.



**Figura 5.** Clasificación Redes Inalámbricas.

Tomada de (*Redes inalámbricas, s.f.*)

### 2.2.1 Topologías

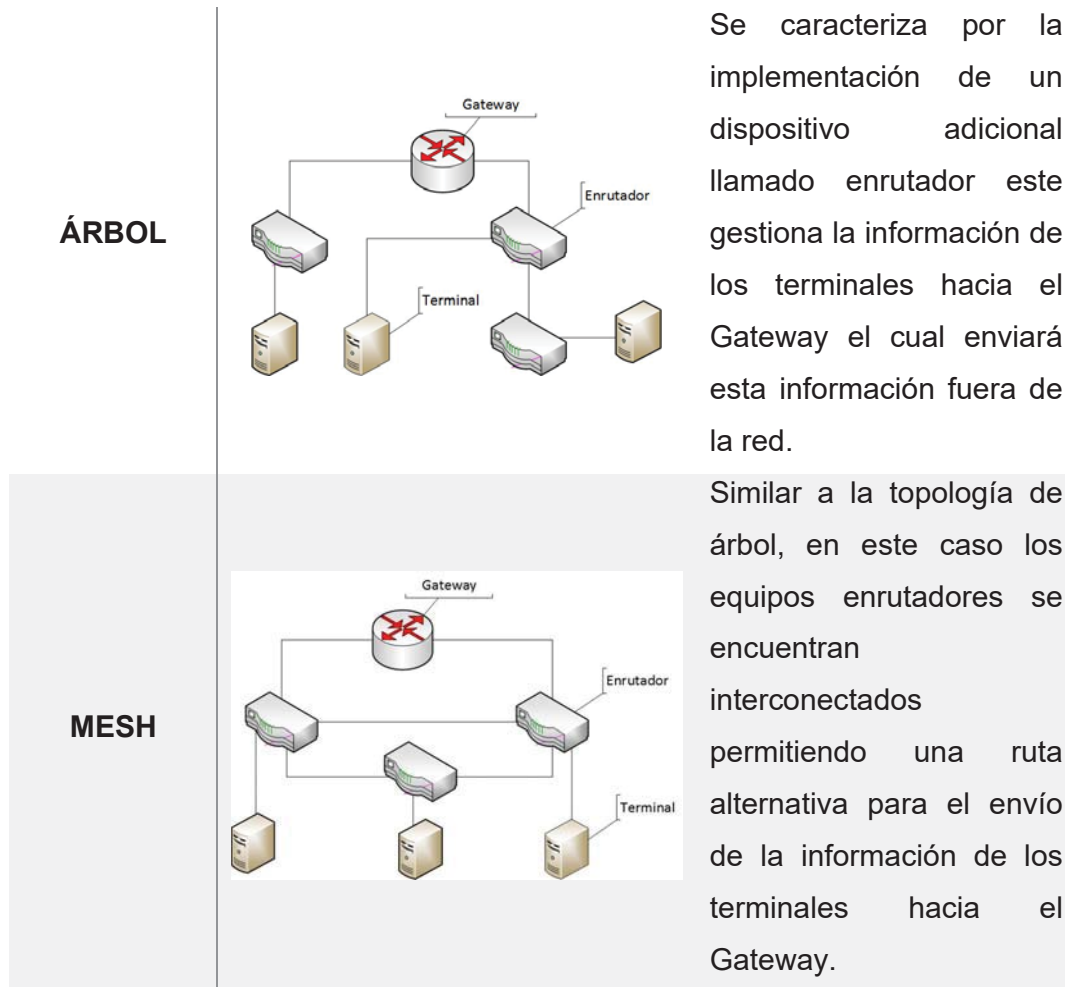
En las redes inalámbricas existen distintos tipos de topologías según la función que desempeñan y la función de sus elementos, entre las más comunes están la topología estrella, Mesh y red de árbol.

En la Tabla 4 se encuentra un resumen de las topologías junto a una imagen representativa y descripción de las mismas.

**Tabla 4.**

*Resumen de topologías.*

TOPOLOGÍA	ARQUITECTURA	DESCRIPCIÓN
ESTRELLA	<p>Diagrama de topología estrella: un Gateway centralizado conectado a tres terminales.</p>	<p>Se caracteriza por poseer un equipo principal encargado del enrutamiento de paquetes, a este se lo denomina Gateway, hacia este se conectan todos los demás dispositivos.</p>



### 2.3 Sistemas de riego

Existen a la actualidad distintos sistemas de riego, los cuales por su forma de acción se pueden clasificar en mecánicos, por goteo, micro riego, aspersión entre otros, todos estos caracterizados por la intervención directa del usuario para su accionamiento, siendo este quien se encargue de activarlos y desactivarlos en su debido momento. Sin embargo, para facilitar el riego se han diseñado equipos mecánicos y electrónicos los cuales requiere una menor intervención del usuario ya que permiten la programación de un ciclo de riego.

### 2.3.1 Equipos mecánicos

Los equipos mecánicos de riego se caracterizan por la utilización de un temporizador de riego el cual es mecánico, diseñado para un caudal específico el cual mediante otros elementos permitirá acondicionar el tiempo el cual estará activo antes de cerrarse automáticamente. Cabe denotar que estos equipos requieren de la interacción con el usuario para ser activados manualmente. En la Figura 6 se puede observar un ejemplo.



**Figura 6.** Temporizador mecánico.

### 2.3.2 Equipos electrónicos

Son equipos similares a los mecánicos con la diferencia que estos son digitales y controlados por un microcontrolador, estos pueden ser programados para realizar un ciclo específico a una hora específica y tiempo especificado por el usuario, a su vez estos requieren de la interacción del usuario en el hogar para verificar su correcto funcionamiento. En la Figura 7 se puede observar un ejemplo.



**Figura 7.** Gardena, temporizador digital.

## 2.4 Electroválvulas

Una electroválvula es un dispositivo el cual permite el control del paso o no de un fluido, mediante una acción mecánica, siendo un solenoide controlado por un circuito electrónico. En la Tabla 5 se encuentra un resumen de su clasificación y características.

**Tabla 5.**

*Resumen de Electroválvulas.*

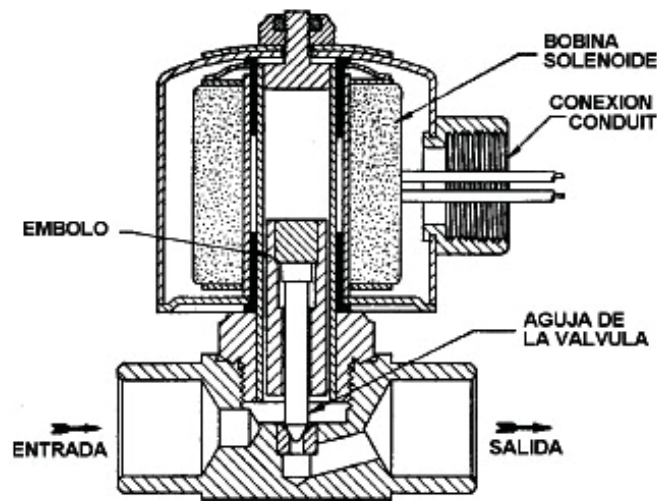
CARACTERÍSTICA	TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>CORRIENTE</b>	AC/DC	Según la corriente que utilizan ya sea esta alterna o continua.
	Directa	El campo magnético actúa sobre el émbolo permitiendo el paso o detención del fluido utilizando una presión mínima igual a 0 BAR.
<b>ACCIÓN</b>	Indirecta	Se caracteriza por el desequilibrio entre las presiones superficiales del diafragma superior e inferior, presión mínima igual a 0.2 BAR.

<b>NUMERO DE VÍAS</b>	Mixta	Una mezcla del directa e indirecta, el émbolo está conectado al diafragma mediante un resorte, utiliza una presión mínima de 0 BAR.
	2 Vías	Son las más comunes poseen una entrada y una salida.
	3 Vías	Caracterizadas por poseer una entrada, una salida y un escape.

En las figuras Figura 8 y Figura 9 se ilustra un ejemplo de una electroválvula de acción directa con 2 vías y un esquema de su funcionamiento.



**Figura 8.** Electroválvula de Acción Directa.



**Figura 9.** Esquema electroválvula acción directa.

## 2.5 Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación han sido desarrollados con la finalidad de permitirnos comunicarnos con las computadoras y decirles que hacer, ya que estas solo interpretan 1 y 0s, de una manera más fácil.

Debido a que existe una gran cantidad de lenguajes de programación, estos se han clasificado en algunos grupos los cuales se pueden observar en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Clasificación lenguajes de programación*

CLASIFICACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>COMPILADOS, INTERPRETADOS, JIT</b>	Compilados	Son traducidos a lenguaje nativo de maquina mediante un compilador, permite una programación rápida pero su portabilidad a otro sistema operativo puede tomar tiempo significativo
	Interpretados	Son procesados por un programa (el intérprete) y ejecutados por otro

		programa, suelen ser más lentos que los programas compilados.
	Jit	Compilados justo a tiempo, son lenguajes que son rápidamente compilados cuando el programa lo necesita ejecutar, ofrece un balance entre desempeño y portabilidad.
	Bajo nivel	Similares a código de máquina, usualmente utilizados en drivers de dispositivos o en programas que requieran uso del hardware. Generalmente muy difícil de portar a otra plataforma.
<b>ALTO Y BAJO NIVEL</b>	Alto nivel	Se enfoca a conceptos que son fáciles de asimilar por la mente humana como objetos o funciones matemáticas. Es usualmente más fácil de entender que un lenguaje de bajo nivel, sin embargo, se debe sacrificar un cierto nivel de control sobre los resultados del programa.
	Fuerte o débil	Puede poner restricciones fuertes en como diferentes variables son convertidas a otras, sin realizar estatutos de conversión.
<b>TIPO SISTEMA</b>	Manifiesto o inferido	Trata en como el compilador o interprete de un lenguaje infiere en los tipos de variables.
	Estático o dinámico	El compilador o interprete realizan la revisión del programa una vez que



**PARADIGMA  
SOPORTADO**

	este ha corrido o mientras este está en ejecución.
Seguro o inseguro	Se refiere al grado en que el lenguaje de programación prohíbe operaciones en ciertos tipos de variables que podrían llevar a comportamientos no conocidos o errores.
Declarativo	Se enfoca en que lenguaje es el que cumplirá que mediante qué medios lo hará.
Funcional	Es un subgrupo de programas que trata de expresar un problema en términos de ecuaciones matemáticas o funciones.
Genérico	Se enfoca en escribir el esqueleto del algoritmo en términos de los tipos que serán especificados cuando el algoritmo este en uso.
Imperativo	Permite al programador dar una lista de instrucciones ordenadas sin decirle explícitamente la tarea.
Estructurado	Permite al programa tener un control intuitivo sobre que instrucciones son ejecutadas y saltar de unas a otras.
Orientado a objetos	Es un subconjunto de programas estructurados que expresan el programa en términos de objetos los cuales representan un modelo de los objetos en el mundo real.

### 2.5.1 PHP

Php es un lenguaje de programación especialmente desarrollado para el diseño de páginas web dinámicas, sus siglas en ingles significan preprocesador de hipertextos. El manual de php menciona lo siguiente *“php no se ejecuta en el lado del cliente, se ejecuta únicamente en el lado del servidor, lo cual le permite generar código HTML el cual es enviado posteriormente. Esto permite que el usuario no conozca el código o lo que está pasando”* (Achour, et al.) esto representa una gran ventaja en php ya que proporciona seguridad a los procesos que ocurren para enviar la información al cliente, de esta forma se oculta información como la conexión hacia bases de datos entre otras. Este lenguaje de programación web es fácil de aprender para quienes empiezan a programar, pero a su vez posee gran potencial para desarrolladores expertos.

Según el manual de php, existen 3 áreas principales en las cuales php es utilizado:

1. Scripts de servidor: siendo el área principal y más común de php.
2. Scripts de línea de comandos: se pueden ejecutar scripts sin la necesidad de un servidor o browser, es ideal para la ejecución de tareas programadas.
3. Aplicaciones de escritorio: facilidad de desarrollar aplicaciones multiplataforma.

Se puede reconocer un archivo php por su extensión (.php) y dentro de un archivo HTML por la etiqueta `<?php ?>` donde todo lo que este después de php será tratado como código.

## 2.6 Microcontroladores

### 2.6.1 Arduino uno

El Arduino es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador atmeg328p; este posee 14 entradas y salidas digitales, de las cuales 6 pueden ser utilizadas como salidas de modulación de ancho de pulso por sus siglas en ingles PWM, 6 entradas analógicas y un cristal de cuarzo de 16mhz, este puede ser programado

desde su IDE Arduino, el cual utiliza como lenguaje de programación c, adicionalmente posee una gran cantidad de librerías creadas tanto por el fabricante como por la comunidad de Arduino.

En la Figura 10 se observa al Arduino uno/ genuino uno, cabe recalcar que no hay diferencias entre el Arduino uno y genuino uno, el fabricante dice que “no existe diferenciación entre las placas el nombre corresponde al lugar al cual este será vendido, Arduino para estados unidos y genuino para el resto del mundo” (Arduino Especificaciones, s.f.).



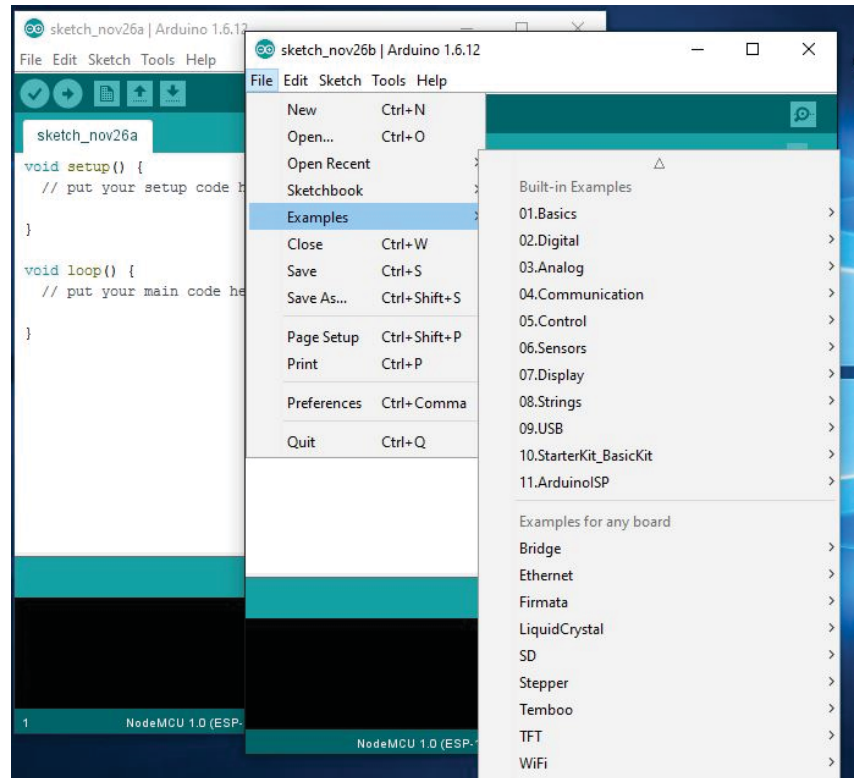
**Figura 10.** Arduino, Placas Arduino Uno Y Genuino

En la Tabla 7 se aprecia las especificaciones técnicas del Arduino, entre las cuales se destaca su memoria flash, lo cual hace que este se fácil y rápidamente programable.

**Tabla 7.***Características Arduino.***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

<b>MICROCONTROLADOR</b>	Atmega328p
<b>VOLTAJE DE OPERACIÓN</b>	5v
<b>VOLTAJE DE ENTRADA RECOMENDADO</b>	7-12v
<b>LÍMITE DE VOLTAJE</b>	6-20v
<b>PINES DIGITALES</b>	14(6pwm)
<b>PINES ANALÓGICOS</b>	6
<b>CORRIENTE POR PIN</b>	20ma
<b>CORRIENTE POR PIN A 3.3V</b>	50ma
<b>MEMORIA FLASH</b>	32kb (0.5 para Bootloader)
<b>SRAM</b>	2 kb
<b>EEPROM</b>	1 kb
<b>VELOCIDAD DE RELOJ</b>	16mhz
<b>DIMENSIONES</b>	68.6mm*53.3mm

En la Figura 11 se puede apreciar el IDE Arduino el cual posee una interfaz amigable para la programación y una serie de ejemplos que facilitan su aprendizaje.

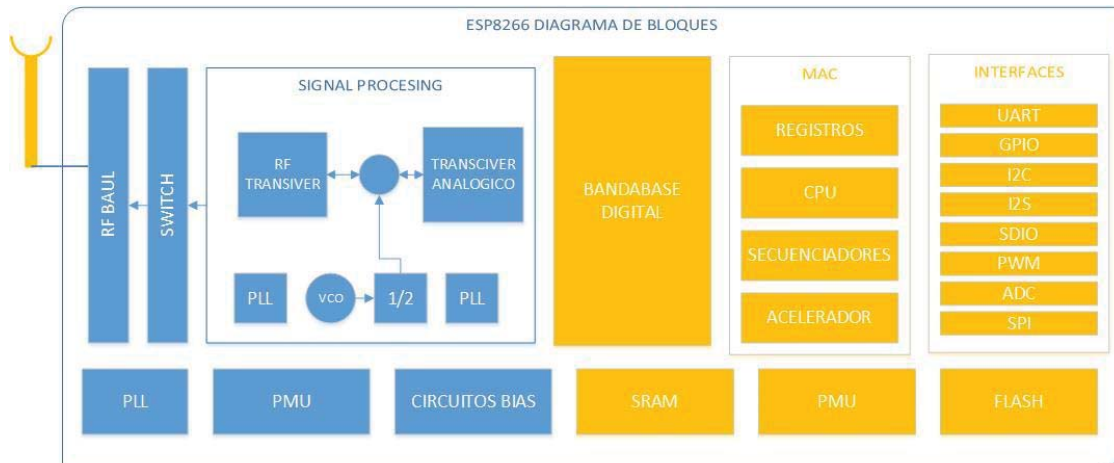


**Figura 11.** IDE de Arduino.

### 2.6.2 ESP8266

El esp8266 es un módulo inalámbrico caracterizado por poseer el microcontrolador Tensilica I106 el cual posee un procesador de 32 bits con memoria SRAM a bordo, gracias a su microprocesador, es capaz de funcionar en modo estación como punto de acceso y a la vez ser programado en distintos lenguajes como c, JavaScript y LUA.

En la Figura 12 podemos observar el diagrama de bloques del cual está diseñado el esp8266 según el fabricante (espressif), este dispositivo posee una memoria flash así como una RAM lo cual nos permite tener una configuración predefinida con la cual inicializar el sistema al definir un aplicativo en el mismo, la memoria RAM ofrece una mayor versatilidad al sistema puesto que lo permite almacenar información hasta 16 Mbits y un rápido procesamiento de la misma.



**Figura 12.** Diagrama de bloques esp8266.

Adaptada de Espressif.

El esp8266 posee altas prestaciones ya que este trabaja con los siguientes protocolos inalámbricos:

- 802.11 b/g/n/e/i
- Wi-Fi Direct P2p
- Descubrimiento P2p, P2p Go, P2p Gc
- Infraestructura Estación Bss/ Modo P2p/ Modo Softap
- Wpa/Wpa2 Psk, Wps
- Seguridad 802.11i
- Retransmisión y respuesta basada en MAC
- Antena dual compatible con Bluetooth

En la Tabla 8 se puede observar una lista de todas las versiones disponibles del esp8266, cada una con sus variaciones en hardware desde la primera versión hasta la más reciente que es la esp-14, cabe recalcar que a partir de la versión esp-12 el esp8266 posee la certificación de FCC y CE.

**Tabla 8.***Versiones esp8266.*

BOARD ID	PINS	FORM FACTOR	ANTENNA	ANT.SOCKET	SHIELDED	DIMENSIONS MM
<b>ESP-01</b>	8	2x4 dil	Etched-on pcb	No	No	14.3 x 24.8
<b>ESP-02</b>	8	2x4 notch	None	Yes	No	14.2 x 14.2
<b>ESP-03</b>	14	2x7 notch	Ceramic	No	No	17.3 x 12.1
<b>ESP-04</b>	14	2x4 NOTCH	NONE	NO	NO	14.7 X 12.1
<b>ESP-05</b>	5	1x5 sil	None	Yes	No	14.2 x 14.2
<b>ESP-06</b>	12+gnd	4x3 dice	None	No	Yes	16.3 x 13.1
<b>ESP-07</b>	16	2x8 pinhole	Ceramic	Yes	Yes	20.0 x 16.0
<b>ESP-08</b>	14	2x7 notch	None	No	Yes	17.0 x 16.0
<b>ESP-08 NEW</b>	16	2x8 notch	None	No	Yes	18.0 x 16.0
<b>ESP-09</b>	12+gnd	4x3 dice	None	No	No	10.0 x 10.0
<b>ESP-10</b>	5	1x5 notch	None	No	No	14.2 x 10.0
<b>ESP-11</b>	8	1x8 pinhole	Ceramic	No	No	17.3 x 12.1
<b>ESP-12</b>	16	2x8 notch	Etched-on pcb	No	Yes	24.0 x 16.0
<b>ESP-12-E</b>	22	2x8 notch	Etched-on pcb	No	Yes	24.0 x 16.0
<b>ESP-13</b>	18	2x9	Etched-on pcb	No	Yes	24 .0 x 16.3
<b>ESP-14</b>	22	2x8 + 6	Etched-on pcb	No	Yes	24.3 x 16.2
<b>WROOM- 02</b>	18	2x9	Etched on pcb	No	Yes	20.0 x 18.0
<b>WT8266- S1</b>	18	3x6	Etched on pcb	No	Yes	15.0 x 18.6

Tomado de espcommunity

A su vez su programación se facilita por ser compatible con el IDE de Arduino debido a su gran comunidad de desarrolladores que han dispuesto del SDK.

### 2.6.3 Raspberry pi

El Raspberry Pi es un microprocesador con las capacidades de una computadora en un tamaño reducido, ha sido desarrollado para proyectos electrónicos, y puede realizar cualquier tarea que realice un pc, a su vez puede reproducir video en alta definición debido a su salida HDMI.

En la Tabla 9 se enlistan las recomendaciones del fabricante sobre la fuente de poder a utilizar para el Raspberry Pi según su versión y el número de dispositivos conectados a él, siendo siempre el voltaje de operación 5 voltios.

**Tabla 9.**

Recomendaciones RaspberryPi alimentación.

PRODUCT	RECOMMENDED PSU CURRENT CAPACITY	MAXIMUM TOTAL USB PERIPHERAL CURRENT DRAW	TYPICAL BARE-BOARD ACTIVE CURRENT CONSUMPTION
<b>RASPBERRY PI MODEL A</b>	700mA	500mA	200mA
<b>RASPBERRY PI MODEL B</b>	1.2A	500mA	500mA
<b>RASPBERRY PI MODEL A+</b>	700ma	500mA	180mA
<b>RASPBERRY PI MODEL B+</b>	1.8A	600mA/1.2A (switchable)	330mA
<b>RASPBERRY PI 2 MODEL B</b>	1.8A	600ma/1.2A (switchable)	
<b>RASPBERRY PI 3 MODEL B</b>	2.5A	1.2 <sup>a</sup>	~400mA

Tomado de (RaspberryPi Specs, s.f.).



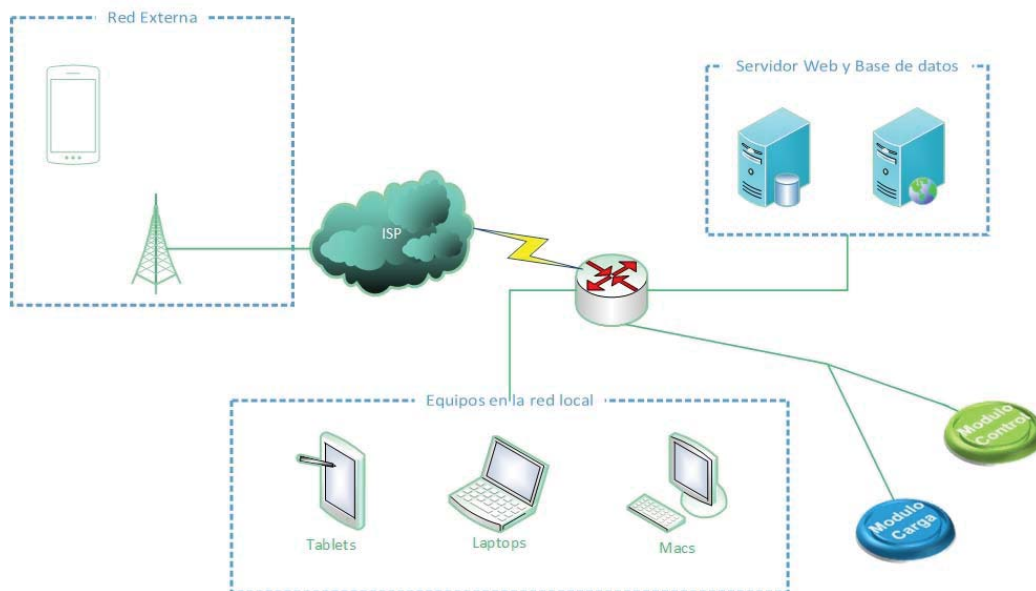
En cuanto a la cantidad de corriente utilizada por cada uno de sus pines de entrada y salida, puede tolerar hasta 50 mA en todos ellos simultáneamente mientras que individualmente puede utilizar hasta 16mA.

La versión 3B de Raspberry Pi cuenta con wifi integrado y una memoria de hasta 1GB para procesamiento mientras que la memoria del mismo viene dada por la micro SD del dispositivo donde se alojará el sistema operativo, para lo cual el fabricante recomienda por lo menos 8GB.

### 3 DESARROLLO

Para el diseño del prototipo se ha decidido utilizar una topología en estrella, para lo cual un router se hará cargo del enrutamiento de los paquetes desde fuera de la red local hacia internet como en la red interna para él envío de la información de los módulos de control y carga de datos al servidor.

En la Figura 13 se presenta un esquema general del sistema, en el que se utilizará un solo servidor para alojar la base de datos como para alojar la interfaz gráfica mediante una página web.



**Figura 13.** Diseño de la solución.

#### 3.1 Servidores

Para el control unificado del sistema ya sea en dispositivos Android, iOS, Mac, Linux o Windows, se hará uso de un servidor web y un servidor de base de datos, de esta manera se podrá controlar el sistema remotamente haciendo uso de una sola plataforma y se almacenará la información provista de los distintos sensores. Dado que se desea que el usuario final pueda acceder desde cualquier dispositivo, el servidor web deberá ser alojado en un servidor Linux así podremos instalar el servidor de base de datos junto al servidor web.

La distribución que se ha seleccionado para la instalación tanto del servidor web como de datos es Ubuntu 16.04 LTS, ya que presenta una fácil interfaz gráfica y cuenta con una gran comunidad de desarrolladores y soporte.

### 3.1.1 Web

El servidor web será el encargado de proveer la interface hacia el usuario final, para ello se instalará apache en la versión 2; siendo este la versión más estable y compatible con múltiples lenguajes de programación web como son JavaScript, Php, entre otros. Apache se encargará no solo de la respuesta al usuario también de identificar el usuario para presentar la página web de la mejor manera, a su vez este se encarga de ejecutar las paginas dinámicas que accederán a la base de datos.

### 3.1.2 Base de datos

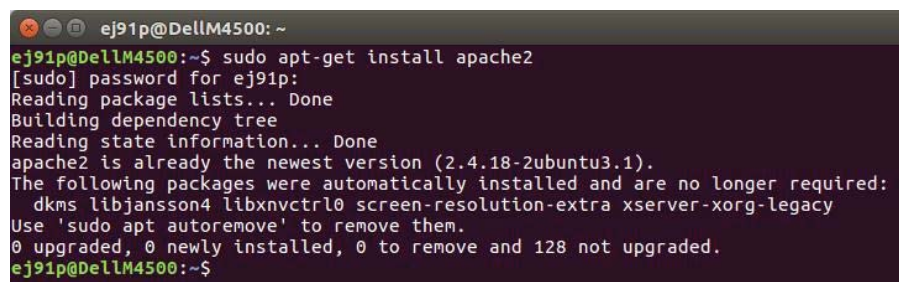
El servidor de base de datos se encarga de llevar un registro de todas las transacciones y de los dispositivos que han sido activados, a su vez la información almacenada en esta permitirá el despliegue de gráficas relevantes.

### 3.1.3 Instalación servidores

Para instalar Apache desde la consola se escribirá el siguiente comando

- Sudo apt-get install apache2.

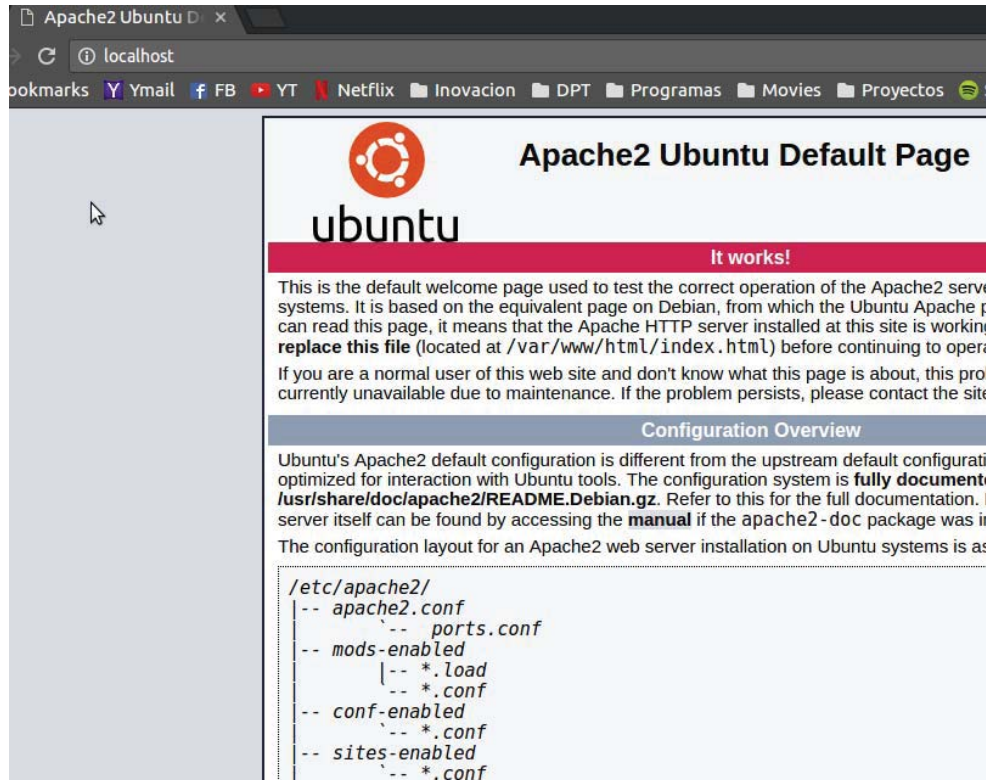
En la Figura 14 se observa el proceso de instalación de apache.



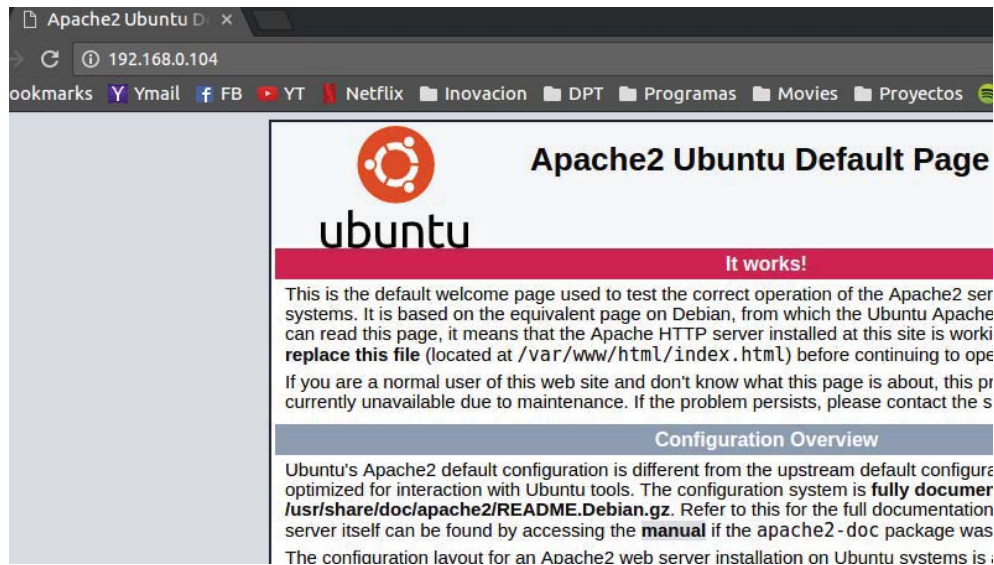
```
ej91p@DellM4500: ~  
ej91p@DellM4500:~$ sudo apt-get install apache2  
[sudo] password for ej91p:  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree  
Reading state information... Done  
apache2 is already the newest version (2.4.18-2ubuntu3.1).  
The following packages were automatically installed and are no longer required:  
  dkms libjansson4 libxnvctrl0 screen-resolution-extra xserver-xorg-legacy  
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.  
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 128 not upgraded.  
ej91p@DellM4500:~$
```

**Figura 14.** Instalación de apache desde consola.

Una vez que apache ha sido instalado se accederá mediante un browser (Chrome, Firefox, Opera, etc.) A la página definida por defecto en la dirección ***http://localhost*** o en defecto la dirección ip del equipo ***http://192.168.0.104*** como se observa en las figuras Figura 15 y Figura 16.

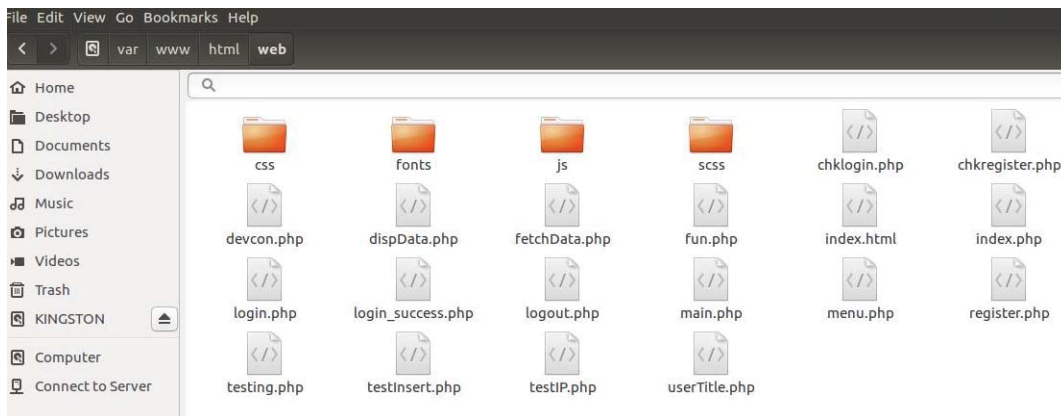


**Figura 15.** Página principal vía localhost.



**Figura 16.** Página principal vía dirección ip.

Una vez que se ha instalado Apache y verificado su funcionamiento en las respectivas direcciones web, se procede al directorio donde se creara y estructurara la página web. Para ello ubicados en el directorio `"/var/html/www"` se creará la carpeta web y dentro de ella cada uno de los archivos de la página web empezando por el `index.php` con la configuración tal y como se observa en la Figura 17.



**Figura 17.** Directorio apache.

Debido a que se comunicará un microcontrolador con una base de datos, se implementará PHP como el lenguaje de programación web, este permitirá no solo que el dispositivo pueda acceder a la página sino también controlar al

dispositivo y acceder de manera dinámica a la información que se encuentra almacenada en la base de datos.

Para poder utilizar PHP se lo debe instalar mediante el siguiente comando en el terminal:

- `Sudo apt-get install php libapache2-mod-php php-mcrypt php-mysql\|`

En las figuras Figura 18 y Figura 19 se observa el proceso de instalación de php.

```
root@DellM4500:/home/ej91p# sudo apt-get install php7.0 php7.0-mysql php7.0-curl php7.0-gd php7.0-json php7.0-openssl php7.0-xml mcrypt php7.0-mcrypt
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  libbcrpt4 php-common php7.0-cli php7.0-common php7.0-fpm php7.0-readline
Suggested packages:
  libbcrpt-dev php-pear
The following NEW packages will be installed:
  libbcrpt4 mcrypt php-common php7.0 php7.0-cli php7.0-common php7.0-curl php7.0-fpm php7.0-gd php7.0-json php7.0-mcrypt php7.0-mysql
php7.0-openssl php7.0-readline php7.0-xml
0 upgraded, 15 newly installed, 0 to remove and 2 not upgraded.
Need to get 3.929 kB of archives.
After this operation, 15.8 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
get:1 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential/universe amd64 libbcrpt4 amd64 2.5.8-3.3 [63,0 kB]
get:2 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential/universe amd64 mcrypt amd64 2.6.8-1.3ubuntu1 [56,9 kB]
get:3 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential/main amd64 php-common all 1:35ubuntu6 [10,8 kB]
get:4 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential-updates/main amd64 php7.0-common amd64 7.0.8-0ubuntu0.16.04.2 [821 kB]
get:5 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential-updates/main amd64 php7.0-json amd64 7.0.8-0ubuntu0.16.04.2 [16,9 kB]
get:6 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential-updates/main amd64 php7.0-openssl amd64 7.0.8-0ubuntu0.16.04.2 [75,8 kB]
get:7 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential-updates/main amd64 php7.0-readline amd64 7.0.8-0ubuntu0.16.04.2 [12,8 kB]
get:8 http://ec.archive.ubuntu.com/ubuntu xential-updates/main amd64 php7.0-cli amd64 7.0.8-0ubuntu0.16.04.2 [1.280 kB]
1% [8 php7.0-cli 476 kB/1.280 kB 37%] 206 kB/s 11s
```

**Figura 18.** Instalación php por consola.

```
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/pdo_mysql.ini with new version
Setting up php7.0-xml (7.0.8-0ubuntu0.16.04.2) ...
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/dom.ini with new version
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/simplexml.ini with new version
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/wddx.ini with new version
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/xml.ini with new version
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/xmlreader.ini with new version
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/xmlwriter.ini with new version
Creating config file /etc/php/7.0/mods-available/xsl.ini with new version
Processing triggers for libc-bin (2.23-0ubuntu3) ...
Processing triggers for systemd (229-4ubuntu7) ...
Processing triggers for ureadahead (0.100.0-19) ...
Processing triggers for php7.0-fpm (7.0.8-0ubuntu0.16.04.2) ...
root@DellM4500:/home/ej91p#
```

**Figura 19.** Instalación completa php.

Una vez que se ha instalado PHP se procede a crear un archivo de prueba en el directorio `"/var/html/www"` con la información que consta en la Figura 20.

```

/var/www/html/web/test.php
File Edit Selection Find View Goto
test.php
1 <?php
2 phpinfo();
3 ?>

```

**Figura 20.** Creación archivo test.php.

Posteriormente reiniciaremos los servicios en apache con el comando:

- Sudo service apache2 restart

Se abrirá una ventana en el navegador con la dirección **<http://localhost/test.php>** para verificar el correcto funcionamiento de php, lo cual se constata en la Figura 21.

phpinfo()

localhost/test.php

PHP Version 7.0.8-0ubuntu0.16.04.3

System	Linux DellM4500 4.4.0-45-generic #66-Ubuntu SMP Wed Oct 19 14:12:37 UTC 2016 x86_64
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php7.0/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php7.0/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php7.0/apache2/conf.d
Additional .ini files parsed	/etc/php7.0/apache2/conf.d/10-mysqld.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/10-opcache.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/10-pdo.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/15-xml.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-calendar.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-type.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-curl.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-dom.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-exif.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-fileinfo.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-fp.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-gd.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-gettext.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-iconv.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-json.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-mbstring.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-mcrypt.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-mysql.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-pdo_mysql.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-phrase.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-posix.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-readline.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-shmop.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-simplexml.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-sockets.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-sysmsg.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-syssem.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-sysshm.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-tokenizer.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-wddx.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-xmlreader.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-xmlwriter.ini, /etc/php7.0/apache2/conf.d/20-xsl.ini
PHP API	20151012
PHP Extension	20151012
Zend Extension	320151012
Zend Extension Build	API320151012.NTS
PHP Extension Build	API20151012.NTS
Debug Build	no
Thread Safety	disabled
Zend Signal Handling	disabled

**Figura 21.** Despliegue test.php.

Como se puede observar en la página se desplegará todo el contenido relevante a la instalación de php desde su versión hasta los parámetros que han sido habilitados y en que directorios.

Para instalar el servidor de base de datos se emitirá el siguiente comando:

- Sudo apt-get install mysql-server

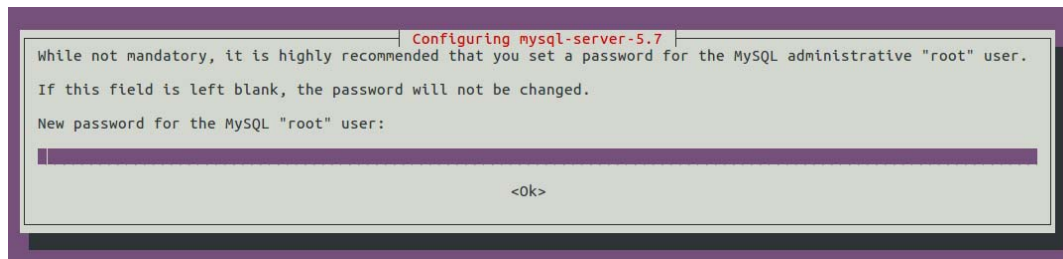
Tras emitir este comando empezará la descarga e instalación de la base de datos, la cual pedirá alguna información como se observa en las figuras Figura 22 y Figura 23.

```

root@DellM4500:/home/ej91p# apt-get install mysql-server mysql-client
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  libevent-core-2.0-5 mysql-client-5.7 mysql-client-core-5.7 mysql-common mysql-server-5.7 mysql-server-core-5.7
Suggested packages:
  mailx tinyca
The following NEW packages will be installed:
  libevent-core-2.0-5 mysql-client mysql-client-core-5.7 mysql-common mysql-server mysql-server-5.7 mysql-server-core-5.7
0 upgraded, 8 newly installed, 0 to remove and 2 not upgraded.
Need to get 18,0 MB of archives.
After this operation, 160 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y

```

**Figura 22.** Instalación Mysql por línea de consola.



**Figura 23.** Ingreso clave Mysql.

Una vez que se ha terminado la instalación del servidor de base de datos, procederemos a instalar phpmyadmin, esta herramienta permitirá acceder de manera gráfica y web a la base de datos para realizar distintas tareas de administración como son: creación de base de datos, tablas, procedimientos entre otros; cabe recalcar que para esto se debe tener instalado php. Para instalar phpmyadmin se utiliza el comando:

- Sudo apt-get install phpmyadmin apache2-utils

En las figuras Figura 24 a Figura 28 se ilustra el proceso de instalación de phpmyadmin, se debe utilizar los usuarios y passwords anteriormente definidos cuando creamos las bases de datos.

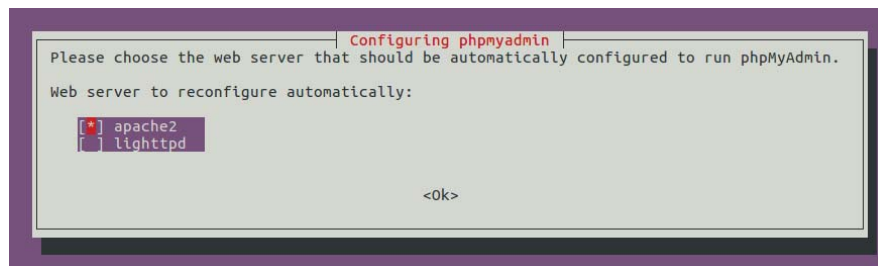


```

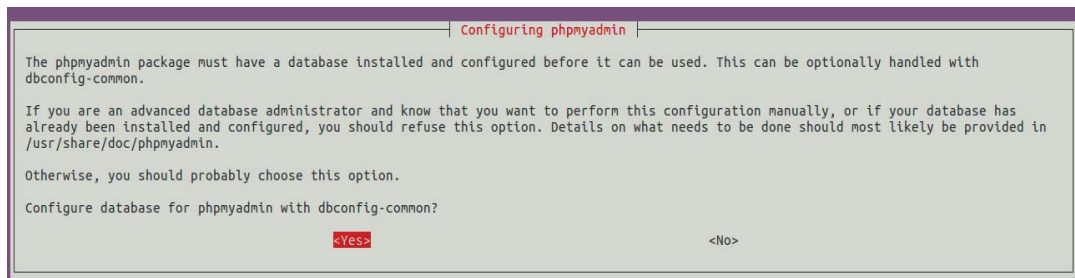
Processing triggers for php7.0-fpm (7.0.8-0ubuntu0.16.04.2) ...
root@DellM4500:/home/ej9ip# apt-get install phpmyadmin
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  dbconfig-common dbconfig-mysql libjs-sphinxdoc libjs-underscore php-gettext php-mbstring php-pear php-phpseclib php-tcpdf php7.0-mbstring
Suggested packages:
  php-libsodium php-gmp php-imagick
The following NEW packages will be installed:
  dbconfig-common dbconfig-mysql libjs-sphinxdoc libjs-underscore php-gettext php-mbstring php-pear php-phpseclib php-tcpdf php7.0-mbstring
  phpmyadmin
0 upgraded, 11 newly installed, 0 to remove and 2 not upgraded.
Need to get 13,4 MB of archives.
After this operation, 51,9 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n]

```

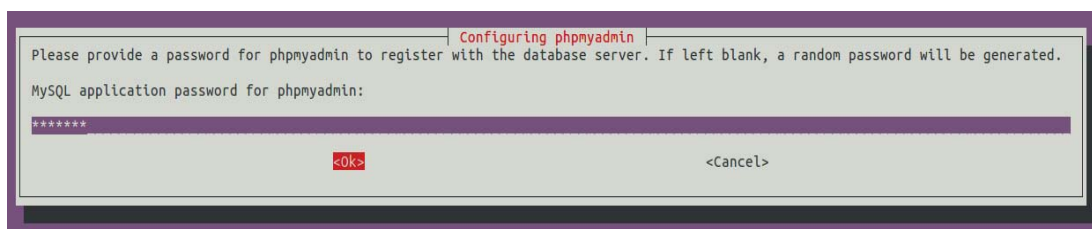
**Figura 24.** Instalación phpmyadmin.



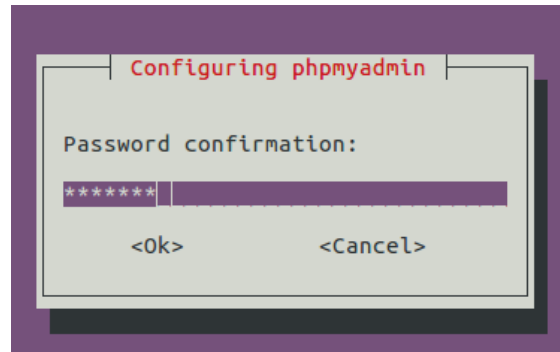
**Figura 25.** Configuración phpmyadmin.



**Figura 26.** Configurar BDD para phpmyadmin.



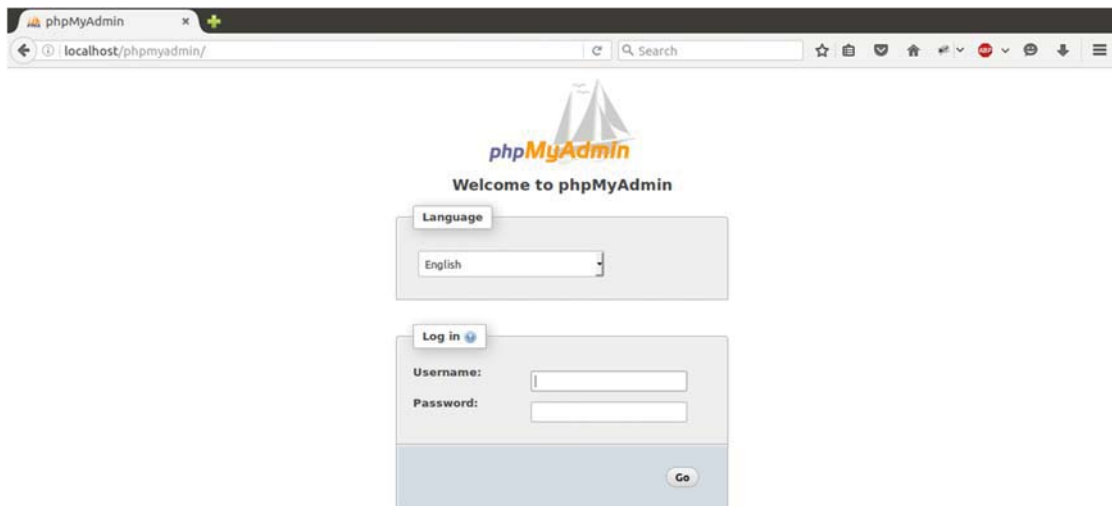
**Figura 27.** Insertar password de Mysql.



**Figura 28.** Confirmación del password.

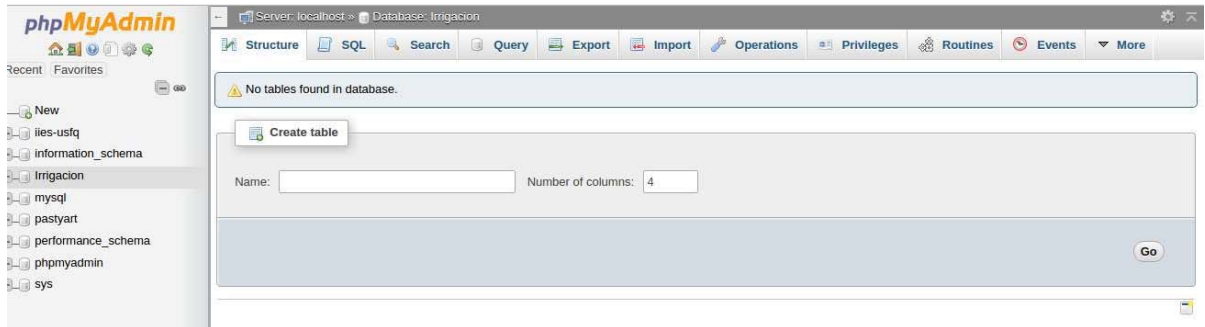
### 3.1.4 Diseño base de datos

Una vez que se ha instalado Mysql y phpmyadmin, se procede a diseñar la base de datos. Para ello se empezará ingresando a la dirección ***http://localhost/phpmyadmin*** con el usuario y clave que, se definió en la instalación, como se observa en la Figura 29.



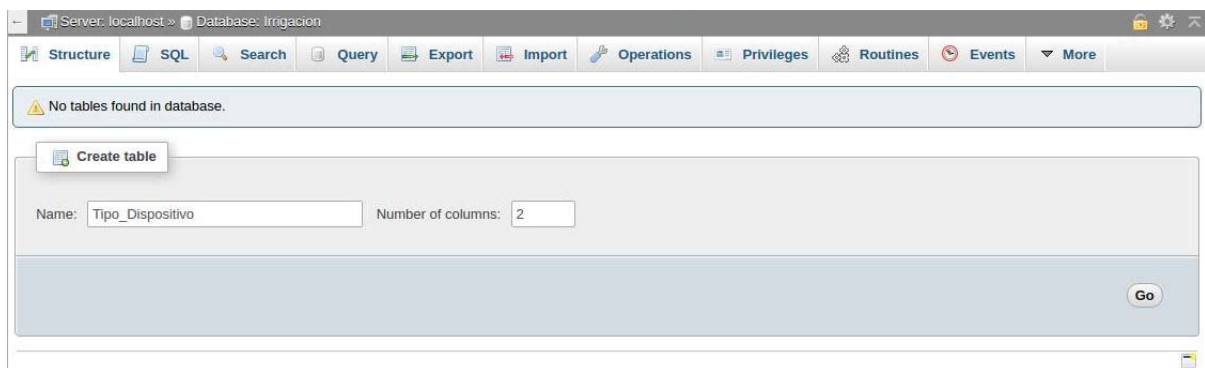
**Figura 29.** Página inicio phpmyadmin.

Una vez dentro de phpmyadmin se procede a crear la base de datos, dando clic en *create data base* y se empieza poniendo el nombre de la base de datos a crear, tal como se observa en la Figura 30.

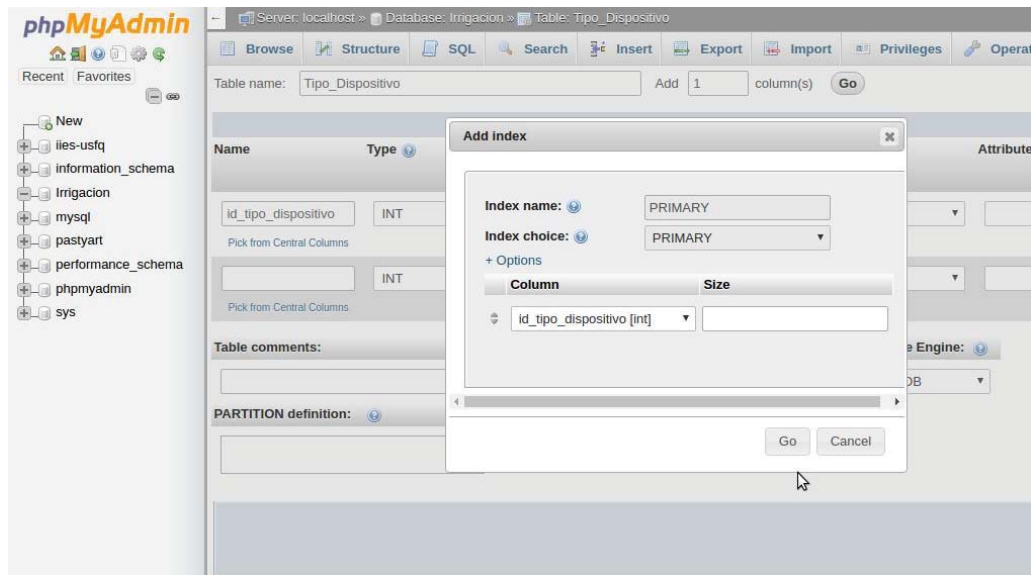


**Figura 30.** Creación base de datos.

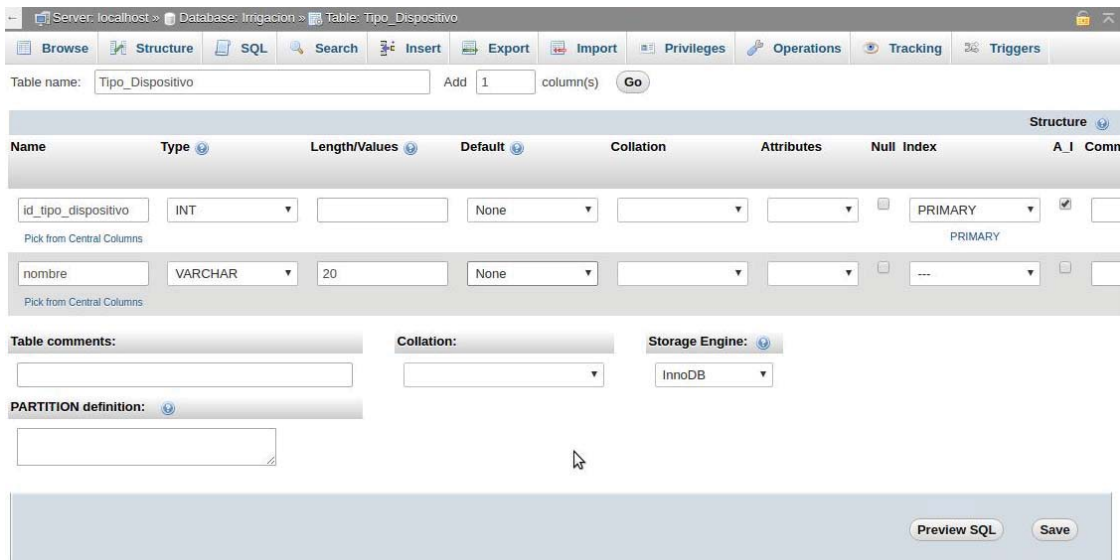
Una vez creada la base de datos automáticamente pedirá la creación de una tabla, para ello se ingresará el nombre de la tabla y se define los campos que esta posee como se observan en las figuras Figura 31 a Figura 33.



**Figura 31.** Creación de tabla.



**Figura 32.** Definición de clave primaria.



**Figura 33.** Definición de atributos.

Se repetirá este proceso las veces necesarias para crear todas las tablas de la base de datos. Debido a que se diseñara una base de datos para un sistema de irrigación a distancia, es importante conocer que dispositivo subió que parámetro en la base de datos, así como desde que ip lo hizo y a qué hora, esto permitirá

tener un control adecuado desde la interfaz gráfica así como un registro de las transacciones realizadas por los dispositivos de control y carga de datos, llegando a futuro a realizar un análisis a profundidad de los parámetros cargados para desarrollar un sistema inteligente.

A su vez para que este diseño sea adecuado se empezará a crear las tablas más pequeñas y externas, es decir aquellas que no dependerán de otras tablas. Para que todo esto sea posible se definirán las siguientes tablas:

**Tabla 10.**  
*Dispositivo.*

TIPO DISPOSITIVO	
<b>CAMPO</b>	Tipo(tamaño)
<b>ID_TIPO_DISPOSITIVO</b>	Clave primaria, autonumerico
<b>NOMBRE</b>	Varchar (8)
<b>ESTADO</b>	Varchar (3)

**Tabla 11.**

*Tipo Sensor.*

Tipo sensor	
Campo	<b>TIPO(TAMAÑO)</b>
Id_tipo_sensor	<b>CLAVE PRIMARIA, AUTONUMERICO</b>
Nombre	<b>VARCHAR (8)</b>

**Tabla 12.**

*Parámetro.*

Parámetro	
Campo	<b>TIPO(TAMAÑO)</b>
Id_parametro	<b>CLAVE PRIMARIA, AUTONUMERICO</b>
Nombre	<b>VARCHAR (20)</b>
Valor mínimo	<b>DOUBLE</b>

Valor máximo	<b>DOUBLE</b>
--------------	---------------

Ahora continuando con aquellas tablas que tienen relación con otras.

**Tabla 13.**

*Dispositivo.*

*DISPOSITIVO*

<i>CAMPO</i>	<i>Tipo(tamaño)</i>
<i>ID_DISPOSITIVO</i>	<b>Clave primaria, autonumerico</b>
<i>ID_TIPO_DISPOSITIVO</i>	<b>Clave foránea</b>
<i>IP_PUBLICA</i>	<b>Varchar (15)</b>
<i>IP_PRIVADA</i>	<b>Varchar (15)</b>
<i>PUERTO</i>	<b>Varchar (5)</b>

**Tabla 14.**

*Usuario.*

*USUARIO*

<i>CAMPO</i>	<i>Tipo(tamaño)</i>
<i>ID_USUARIO</i>	<b>Clave primaria, autonumerico</b>
<i>NOMBRE</i>	<b>Varchar (15)</b>
<i>APELLIDO</i>	<b>Varchar (15)</b>
<i>EMAIL</i>	<b>Varchar (30)</b>
<i>PASSWORD</i>	<b>Varchar (16)</b>
<i>USERNARME</i>	<b>Varchar (30)</b>

**Tabla 15.**

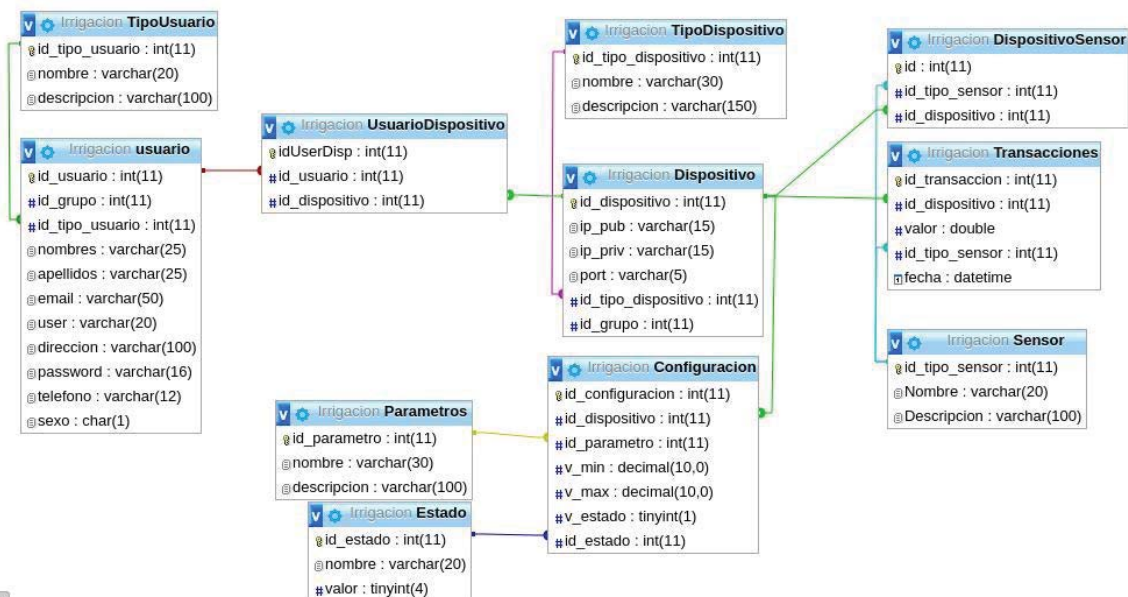
*Transacción*

*TRANSACCIÓN*

<i>CAMPO</i>	<i>Tipo(tamaño)</i>
<i>ID_TRANSACCION</i>	<b>Clave primaria, auto numérico</b>
<i>ID_TIPO_DISPOSITIVO</i>	<b>Clave foránea</b>

<i>ID_PARAMETRO</i>	<i>Clave foránea</i>
<i>ID_USUARIO</i>	<i>Clave foránea</i>
<i>VALOR</i>	<i>Doblé</i>
<i>FECHA</i>	<i>Datetime</i>

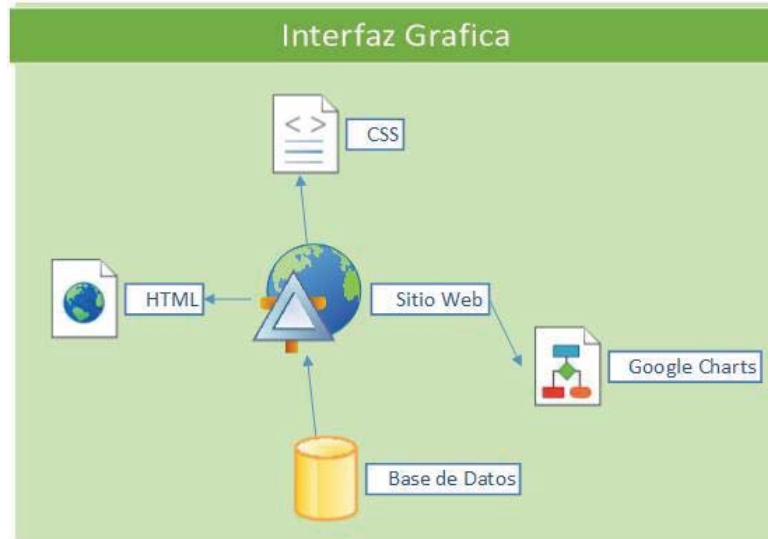
En la Figura 34 se observa como quedara la base de datos una vez que se han establecido las relaciones entre ellas.



**Figura 34.** Diagrama general de la BDD.

### 3.1.5 Diseño de la interfaz gráfica

Para que el usuario pueda acceder fácilmente desde cualquier dispositivo, se desarrollara una página web local, a la cual el usuario podrá acceder desde internet. En la figura 35 consta un esquema general de los elementos que serán utilizados para el desarrollo de la misma.



**Figura 35.** Esquema web.

En la Tabla 16 se detallan algunos de los módulos que serán necesarios para la interfaz gráfica.

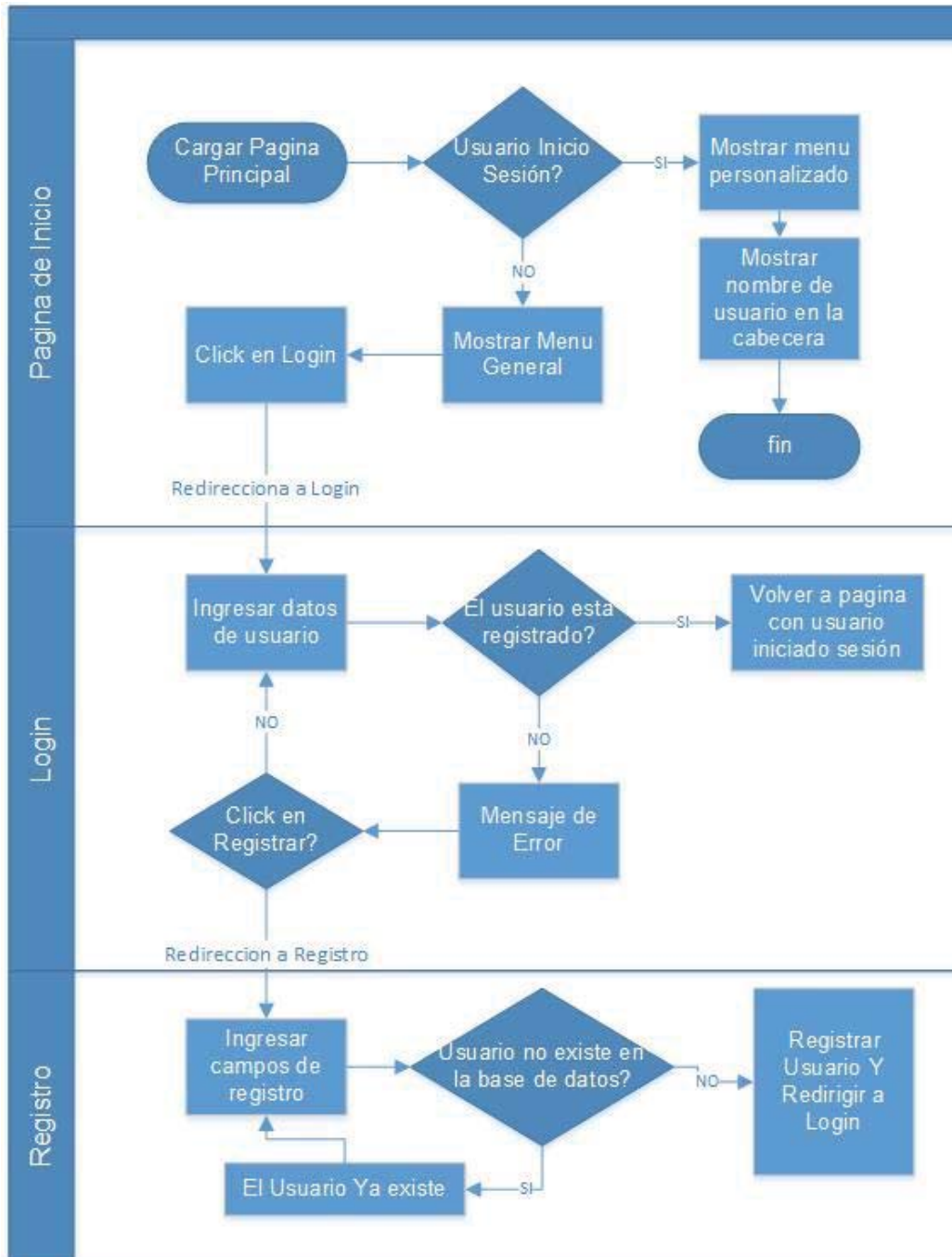
**Tabla 16.**

*Módulos necesarios.*

MÓDULO	DESCRIPCIÓN
<b>CONEXIÓN A BDD</b>	Este módulo permitirá la conexión a la BDD, tanto para la carga como extracción de información
<b>MENÚ</b>	Permitirá al usuario navegar entre las distintas opciones como registro, inicio de sesión, configuración y visualización de transacciones.
<b>CONFIGURACIÓN</b>	Permitirá al usuario asignar los valores máximos y mínimos que deberá utilizar el sistema.
<b>VISUALIZACIÓN DE TRANSACCIONES</b>	Desplegará gráficas con los valores en el tiempo de los distintos sensores del sistema
<b>DESPLIEGUE DE ERRORES</b>	Brindará retroalimentación al usuario sobre comportamiento anormal en la página web.

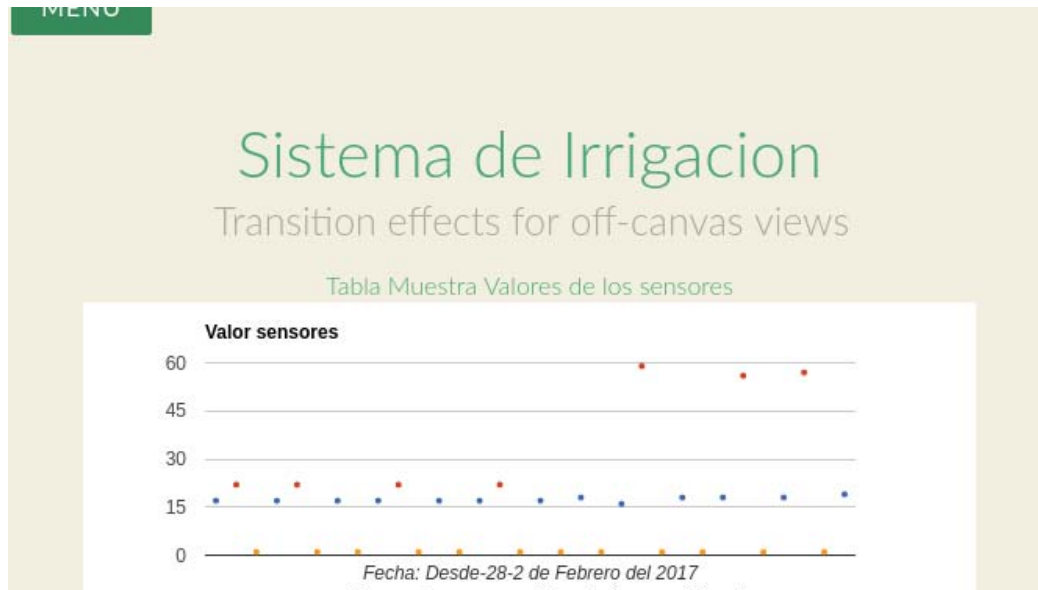


En la Figura 36. *Diagrama estructura página web.* se ilustra el diagrama de bloques del comportamiento de la página web.



**Figura 36.** Diagrama estructura página web.

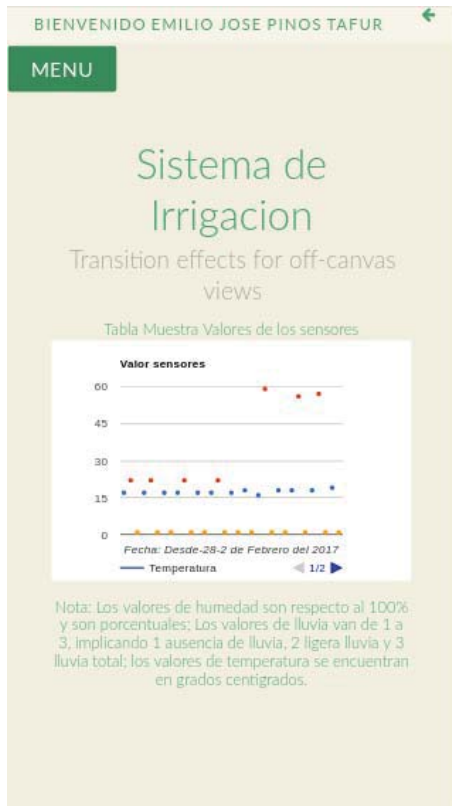
En las figuras Figura 37 a Figura 45 se muestra la respuesta de la simulación de la interfaz gráfica del sistema en los distintos dispositivos como: Android Nexus 5, iPhone 6, iPad, pc; donde el valor en color azul representa humedad, el rojo Luminosidad y el amarillo Temperatura.



**Figura 37.** Respuesta iphone6 modo horizontal despliegue de datos.



**Figura 38.** Respuesta iphone6 modo horizontal página control sistema.



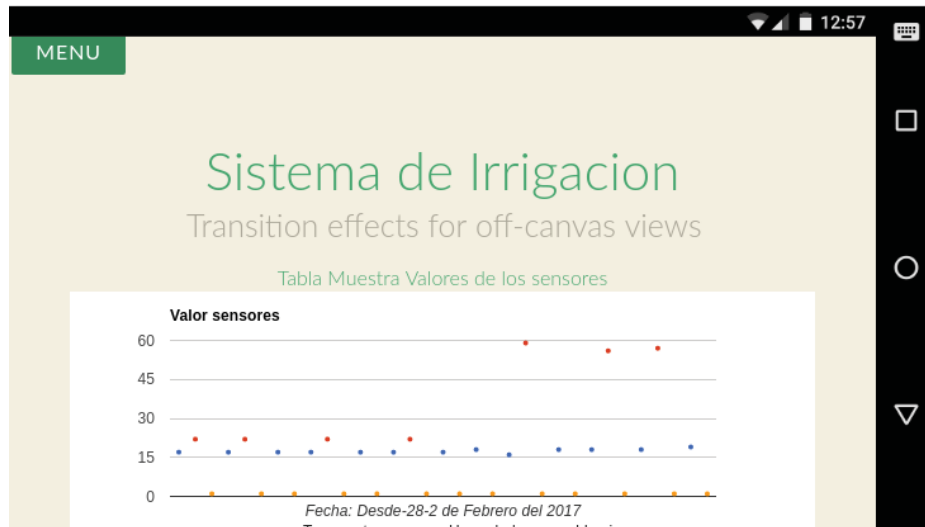
**Figura 39.** Respuesta iphone6 modo vertical.



**Figura 40.** Respuesta iphone6 modo vertical página control.



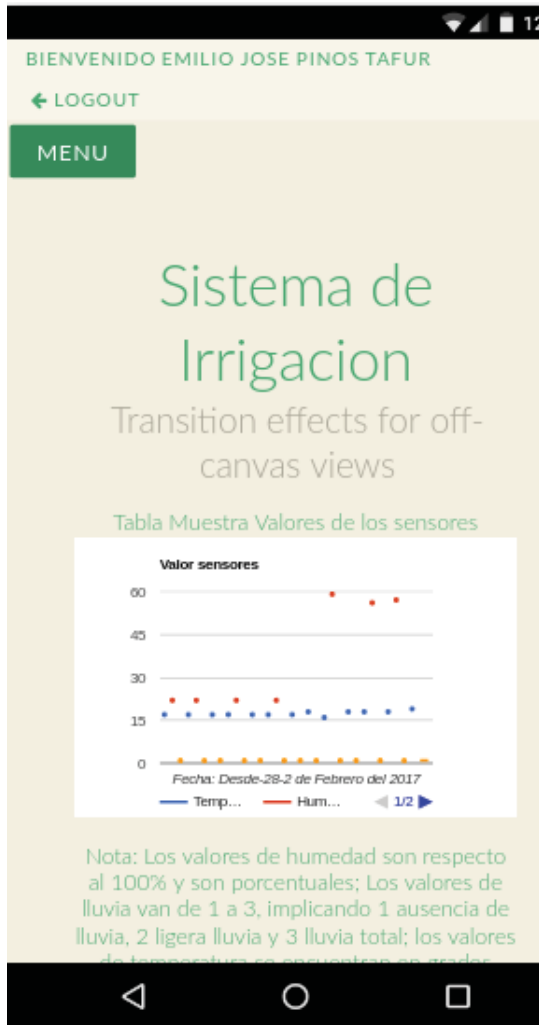
**Figura 41.** Respuesta iphone6 modo horizontal página principal.



**Figura 42.** Respuesta nexus5 modo horizontal despliegue datos.



**Figura 43.** Respuesta Nexus modo horizontal control sistema.



**Figura 44.** Respuesta nexus5 modo vertical despliegue datos.



**Figura 45.** Respuesta nexus5 modo vertical control sistema.

### 3.2 Diseño de módulos

Para el diseño de los distintos módulos se han tomado en consideración las siguientes características:

- Los módulos deben conectarse de manera inalámbrica y conectarse a internet.
- Los módulos deben permitir integrar distintos sensores.
- Los módulos de control deben permitir el control de distintos tipos de electroválvulas.
- Los módulos deben poder conectarse a la red del usuario.

En la Tabla 17 se puede ver la comparación entre destinos microcontroladores sin los distintos elementos que serán necesarios para desarrollar el sistema.

**Tabla 17.**

*Comparativa de microcontroladores*

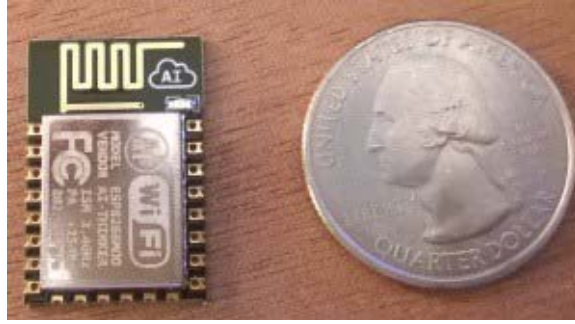
ESPEC	DISP	ARDUINO	ESP8266	RASPBERRY PI
<b>VOLTAJE</b>		5v	3.3v	5v
<b>CORRIENTE</b>		0.5-1a	0.005-170ma	1-2a
<b>TAMAÑO</b>		7.7x5.4cm	2.4x1.6cm	8.5x5.5cm
<b>PRECIO</b>		\$30	\$20	\$60
<b>NUMERO DE PINES I/O</b>		13	9	40
<b>NUMERO DE ADC</b>		5	1	0
<b>CORRIENTE POR PIN</b>		20ma	12ma	15ma
<b>VELOCIDAD DE RELOJ</b>		16mhz	40-80mhz	1ghz
<b>PROGRAMACIÓN</b>		C	C	Python
<b>MEMORIA</b>		32kb	4mb	SD

Para el diseño tanto de la esquematización como del circuito impreso y simulación se utilizará las herramientas ISIS y ares de la suite Proteus junto al IDE Arduino el cual se utilizará para la programación del dispositivo con las librerías respectivas.

### 3.2.1 Elementos

#### 3.2.1.1 Microcontrolador

Para el diseño de los módulos se decidió implementar el modulo wifi esp8266, ya que este ha sido diseñado para funcionar tanto como un módulo de comunicación inalámbrica para distintos sistemas como un aplicativo en sí mismo, a su vez este dispositivo se caracteriza por su pequeño tamaño como se observa en la Figura 46.



**Figura 46.** Esp8266 tamaño.

El esp8266 es ideal para el prototipo ya que ha sido diseñado para un bajo consumo de energía y aplicaciones en hogar y redes de sensores como se observa en la Tabla 18.

**Tabla 18.**

*Aplicaciones comunes esp8266.*

**APLICACIONES**

Electrodomésticos	Hogares inteligentes	Luces y tomacorrientes
Monitores de bebe	Control industrial inalámbrico	Redes de sensores
Dispositivos portátiles	Redes Mesh	Cámaras ip

Según las especificaciones técnicas del esp8266, este funciona a 3.3 voltios y posee un solo ADC el cual posee una resolución de 10 bits siendo este suficiente para el procesamiento de los sensores a utilizar, sin embargo, este posee una limitante, solo puede procesar voltajes hasta 1 voltio como se ilustra en la Figura 47.

Pin Name	Pin Num	Function Name
TOUT	6	ADC Interface

The following two functions can be implemented using ADC (Pin 6). However, they cannot be implemented at the same time.

- Test the power supply voltage of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4).

Hardware Design	TOUT must be floating.
RF Initialization Parameter	The 107th byte of <i>esp_init_data_default.bin</i> (0 ~ 127 bytes), <code>vdd33_const</code> must be set to <code>0xFF</code> .
RF Calibration Process	Optimize the RF circuit conditions based on the testing results of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4).
User Programming	Use <code>system_get_vdd33</code> instead of <code>system_adc_read</code> .

- Test the input voltage of TOUT (Pin 6).

Hardware Design	The input voltage range is 0 to 1.0V when TOUT is connected to external circuit.
RF Initialization Parameter	The value of the 107th byte of <i>esp_init_data_default.bin</i> (0 ~ 127 bytes), <code>vdd33_const</code> must be set to the real power supply voltage of Pin 3 and Pin 4. The working power voltage range of ESP8266EX is between 1.8V and 3.6V, while the unit of <code>vdd33_const</code> is 0.1V, therefore, the effective value range of <code>vdd33_const</code> is 18 to 36.

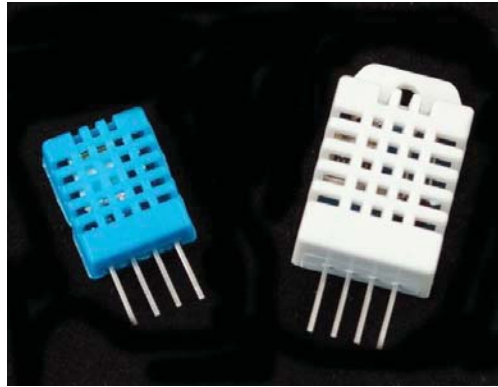
**Figura 47.** Características ADC.

### 3.2.1.2 Sensor de humedad y temperatura dht11

Para la obtención de los parámetros de humedad y temperatura ambiente se decidió utilizar el sensor DHT11, este ha sido diseñado específicamente para aplicaciones como: deshumidificador, domótica, regulador de humedad, medicina, estaciones climáticas, control automático, registro de datos, automotores ente otras.

En la Figura 48 se muestra al sensor DHT11 junto a la versión siguiente el DHT22, debido a que se sensorá únicamente temperatura y humedad ambiente no se utilizará el DHT22 ya que este presenta un elevado costo frente al DHT11.





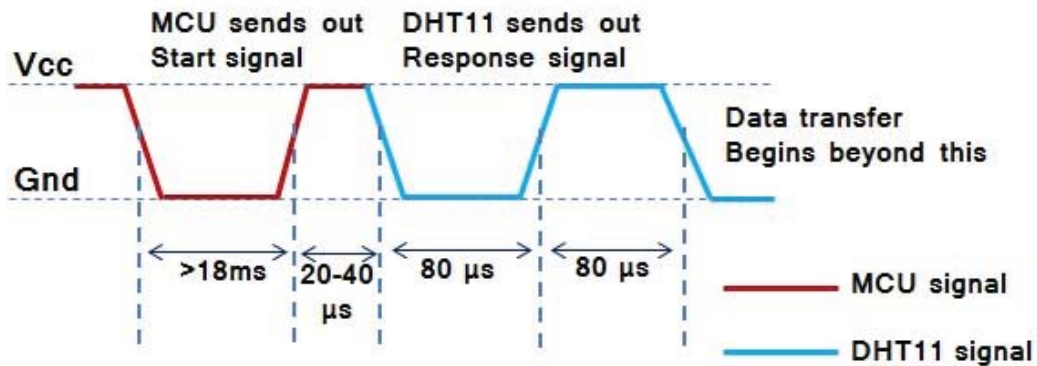
**Figura 48.** Sensor de humedad y temperatura ambiente DHT11 Izquierda.

Dentro de sus características principales esta un bajo costo, estabilidad a largo tiempo, medidas de humedad y temperatura relativa, respuesta rápida, anti interferencia, transmisión a larga distancia, precisa calibración y fácil implementación. En la Figura 49 se detallan las características de los parámetros que especifica el fabricante que hacen a este sensor esencial para el prototipo a diseñar, donde RH significa Humedad Relativa.

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
<b>Humidity</b>				
<b>Resolution</b>		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
<b>Repeatability</b>			± 1%RH	
<b>Accuracy</b>	25°C		± 4%RH	
	0-50°C			± 5%RH
<b>Interchangeability</b>	Fully Interchangeable			
<b>Measurement Range</b>	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
<b>Hysteresis</b>			± 1%RH	
<b>Long-Term Stability</b>	Typical		± 1%RH/year	
<b>Temperature</b>				
<b>Resolution</b>		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
<b>Repeatability</b>			± 1°C	
<b>Accuracy</b>		± 1°C		± 2°C
<b>Measurement Range</b>		0°C		50°C
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)	6 S		30 S

**Figura 49.** Caracterización del DHT11.

Adicionalmente hace uso del protocolo 1-Wire, lo cual permite una fácil comunicación haciendo uso de un solo pin del microcontrolador, en la Figura 50 se ilustra la trama del mismo.

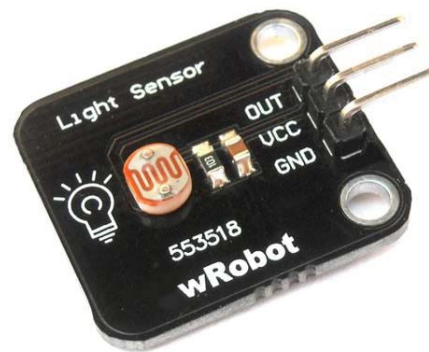


**Figura 50.** Trama Protocolo 1 Wire en DHT11.

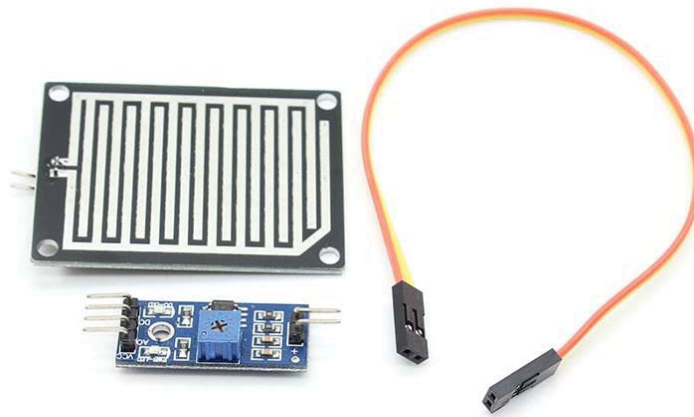
### 3.2.1.3 Sensores análogos (humedad del suelo, lluvia y luminosidad)

Se decidió utilizar estos sensores debido a su bajo costo y fácil implementación, estos son del tipo analógicos y entregan valores en un rango entre los 4.7 y 0 voltios. Para el sensor de humedad del suelo sabemos que un valor 4.7 voltios implica que la humedad del suelo es total(máxima conductividad), debido a que la conductividad del mismo aumenta significativamente, permitiendo un mayor flujo de corriente, mientras que un valor de 0 voltios implica que este se encuentra seco, de igual manera sucede con el sensor de lluvia y luminosidad, todo estos sensores funcionan como resistencias variables, y su resolución dependerá del ADC del dispositivo al cual han sido conectados.

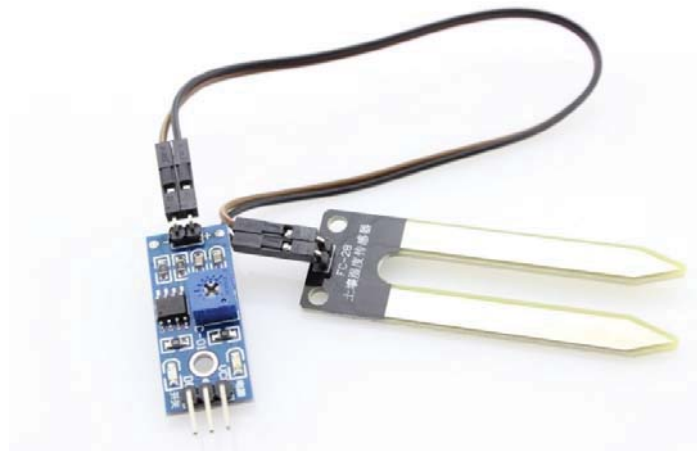
En las figuras Figura 51 a Figura 53 se ilustran dichos sensores, junto a su circuito acondicionador, el cual nos permite obtener un valor en voltaje.



**Figura 51.** Sensor de luminosidad resistivo.



**Figura 52.** Sparkfun, sensor de lluvia capacitivo.



**Figura 53.** Sparkfun, sensor de humedad del suelo capacitivo.

#### 3.2.1.4 Electroválvula

Para el sistema se utilizará una electroválvula de 2 vías, con acción directa, de DC con un voltaje de 12V, como se ilustra en la Figura 54.



**Figura 54.** Electroválvula 12V

Esto permitirá conectarla cerca de una toma de agua y controlar aspersores de agua mecánicos, permitiendo una reutilización de la infraestructura preexistente del usuario.

#### 3.2.2 Módulos de carga y control

El módulo de carga se caracteriza por permitir enviar la información obtenida por cada uno de los sensores como son: temperatura, humedad relativa del suelo, lluvia, luminosidad, entre otros, mediante el chip esp8266 al servidor de base de datos.

#### 3.2.3 Esquematización

Para la esquematización se han tomado las siguientes consideraciones:

1. Los sensores de lluvia, luminosidad y humedad del suelo funcionan a 5 voltios y entregan una señal analógica con un valor de 4.7 voltios máximo y 0.1 voltios como mínimo.
2. El modulo wifi y microcontrolador esp8266 funciona a 3.3v y posee solo una entrada analógica que soporta máximo 1v.
3. El módulo de carga y control deberá poseer 2 botones para la configuración y reinicio del mismo.
4. Se deberá multiplexar los valores de los sensores analógicos.
5. El modulo será alimentado con 5v y utilizará un regulador de voltaje, se utilizarán transistores para controlar los sensores multiplexados.
6. Se utilizarán 2 pines para la comunicación entre el esp8266 con el sensor de temperatura y humedad ambiente.
7. Se deberá utilizar una corriente menor o igual al 50% en los pines de control del esp8266.

En la Tabla 19 se puede observar un resumen de los voltajes y corrientes que utilizan tanto los sensores como el microcontrolador.

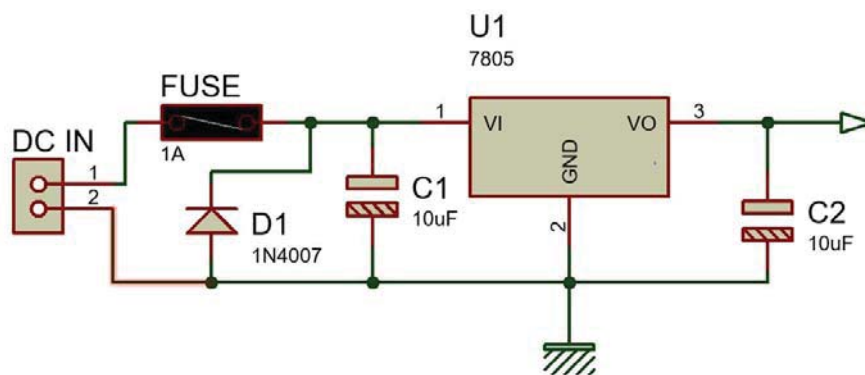
**Tabla 19.**

*Resumen de voltaje y corriente.*

DISPOSITIVO	VOLTAJE	CORRIENTE
ESP8266	3.3v	170ma
DHT11	5v	2.5ma
SENSOR DE LLUVIA	5v	5ma
SENSOR DE HUMEDAD	5v	5ma
SENSOR DE LUMINOSIDAD	5v	5ma
REGULADOR DE VOLTAJE	5v	10ma
	Total	197.5ma

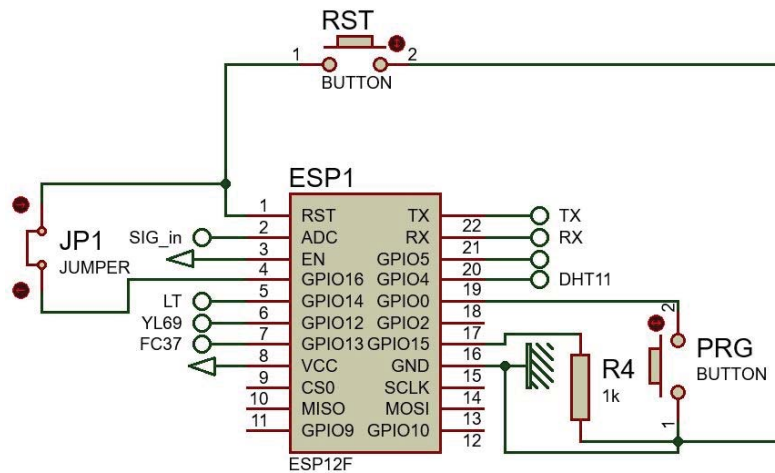
Basados en el total de corriente se empezará a diseñar la fuente de alimentación del circuito; debido a que los transistores que se utilizarán para controlar los sensores estarán en corte y saturación, se asume que su corriente será 0, por ende, se diseñará con una corriente total de 200mA.

Para mantener una corriente constante de 200mA se utilizará el regulador de voltaje LM7805, este integrado es capaz de proveer una corriente de hasta 500mA en su encapsulado TO-92 y 1a en su encapsulado TO-220 con un voltaje de entrada de 7 a 23 V. Con la finalidad de proteger todo el modulo se agregó un fusible para evitar cortocircuitos y un diodo rectificador con el objetivo de evitar una polarización incorrecta. El fabricante recomienda la utilización de 2 condensadores de 10uF uno a la entrada y otro a la salida del regulador. En la Figura 55 se ilustra dicho circuito.



**Figura 55.** Circuito de alimentación.

Para que el esp8266 pueda funcionar adecuadamente se debe conectar el pin gpio15 a tierra mediante una resistencia de 10k, el pin EN a VCC y 2 pulsadores para las funciones tanto de RESET como de programación, se definieron los pines desde el GPIO12 al GPIO14 para el control de los sensores de lluvia, humedad del suelo y luminosidad, mientras que el GPIO4 para el sensor de temperatura y humedad ambiente, adicionalmente se implementó un jumper entre el pin gpio16 y RESET dejando la posibilidad de utilizar el modo de SLEEP. En la Figura 56 se puede apreciar el circuito correspondiente.



**Figura 56.** Circuito básico esp8266

Para los transistores que controlaran al dispositivo se realizó el diseño de la siguiente manera:

Se toma como corriente de colector a corriente del sensor en este caso será de 5mA, tomando en consideración las peores circunstancias y falla de construcción del transistor se utilizará una ganancia de 20 y el circuito utilizará un voltaje de 5v.

Partiendo de las siguientes ecuaciones se calculará la resistencia a utilizar y se definirán las características del transistor, partiendo de que  $I_C$  es la corriente de colector, e  $I_B$  será la corriente de base,  $V_{CC}$  el voltaje de la fuente,  $V_{BE}$  es el voltaje característico de la juntura base emisor con un valor entre 0.6 y 0.8 voltios.

$$i_c = \beta * i_b \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$i_b = \frac{(v_{cc} - v_{be})}{R_b} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Remplazando  $I_B$  de la ecuación 2 en 1 tenemos la ecuación 3:

$$I_c = \beta * \left( \frac{v_{cc} - v_{be}}{R_b} \right) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Ahora despejando  $R_B$  de la ecuación 3 obtenemos el valor de  $R_B$  en función del voltaje, la corriente del sensor y el voltaje del transistor lo cual se observa en la ecuación 4.

$$R_b = \frac{\beta * (v_{cc} - v_{be})}{i_c} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Remplazando los valores se obtiene lo siguiente:

$$R_b = \frac{20 * [(3.3 - 0.7)]V}{5mA} = 10.4k\Omega$$

Como se puede apreciar, el sistema necesitara una resistencia de  $10.4k\Omega$ , pero en el mercado la resistencia estándar es de  $10k\Omega$  y la siguiente es la de  $12k\Omega$  ante ello utilizaremos la de  $10k\Omega$  con el objetivo de garantizar el nivel de corriente, lo cual se verifico sustituyendo este valor en la ecuación 2 para obtener el valor de  $i_b$  y posteriormente el de  $i_c$  tras remplazar el valor obtenido en la ecuación 5 en la ecuación 1, lo cual se observa en las ecuaciones 5 y 6.

$$I_b = \frac{3.3 - 0.7}{10k\Omega} = 260\mu A \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$I_c = 260\mu A * 20 = 5.2mA \quad (\text{Ecuación 6})$$

Como se puede observar la resistencia elegida es la correcta, ahora para la cantidad de vatios que esta debe soportar utilizaremos las peores condiciones en la cual el voltaje será el de la fuente y utilizaremos la siguiente ecuación para su obtención.

$$P = V^2 / R \quad (\text{Ecuación 7})$$

Remplazando los valores en la ecuación se obtuvieron los siguientes resultados:

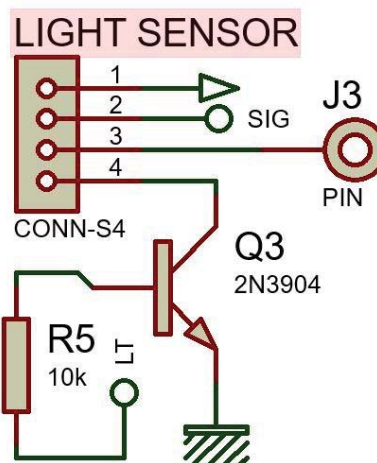
$$P = \frac{3.3V^2}{10k\Omega} = 1mW$$

Según los valores estándar de potencia para resistencias la potencia a utilizar para esta será la mínima  $1/16W = 62.5mW$ , siendo inclusive muchas veces mayor a la necesaria.



Continuando con el diseño para la elección del transistor este deberá cumplir con las siguientes características: poseer una ganancia de al menos 20, soportar una corriente de 5mA entre colector emisor y una potencia de mínimo de 16.5mW.

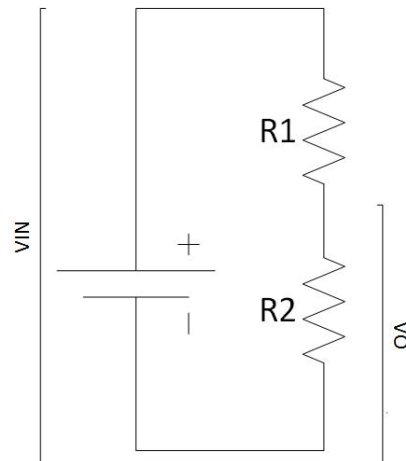
Según estas especificaciones los transistores que cumple con los requerimientos son el 2n3904 y 2n3906 siendo el uno controlado por valores positivos y el otro por valores negativos. En la Figura 57 se muestra el circuito a implementar con los respectivos sensores y transistor.



**Figura 57.** Circuito control sensores analógicos.

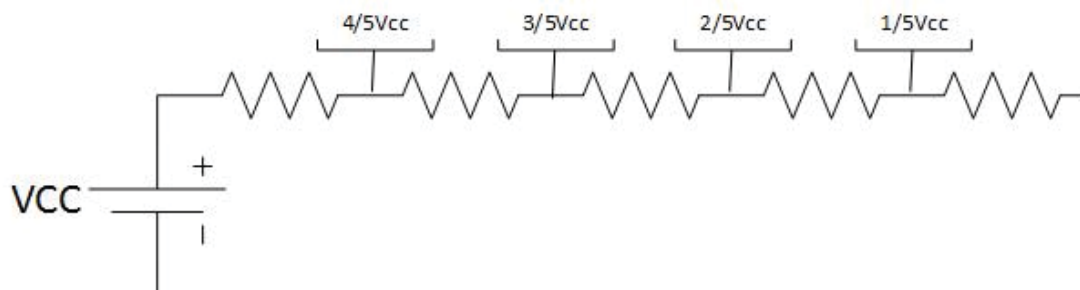
Como se puede observar el diseño para control de los sensores cumple con las especificaciones, adicionalmente en la figura anterior podemos observar que se ha seleccionado el 2n3904 para controlar la energía del sensor y habilitarlo o no.

Debido a que los sensores generan una salida de voltaje mayor a la que puede tolerar el sistema se decidió implementar un circuito divisor de tensión al cual irán conectadas las salidas de los 3 sensores. Dicho circuito se puede observar en la Figura 58.



**Figura 58.** Divisor de tensión.

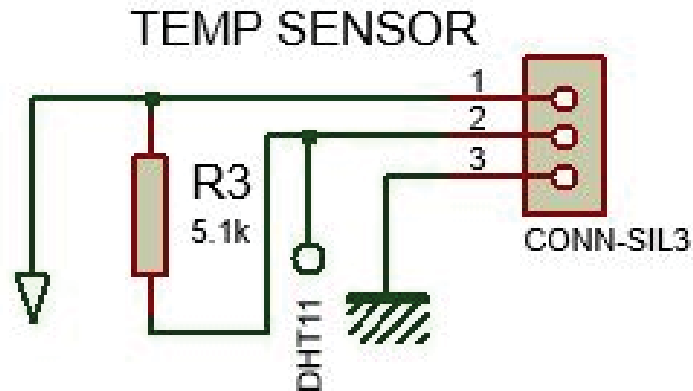
Por otro lado, se conoce que la relación entre el voltaje de salida máximo de cada sensor respecto al valor máximo tolerable del esp8266 es 5 veces mayor. Partiendo de que en un circuito en serie la corriente se mantiene, podemos decir que al utilizar  $n$  resistencias del mismo valor, el valor entre cada una de ellas ira de acuerdo al número de resistencias contadas desde el punto del divisor de tensión con respecto al número de resistencias utilizadas, para un mayor entendimiento se puede observar la Figura 59.



**Figura 59.** Divisor de tensión de valores proporcionales.

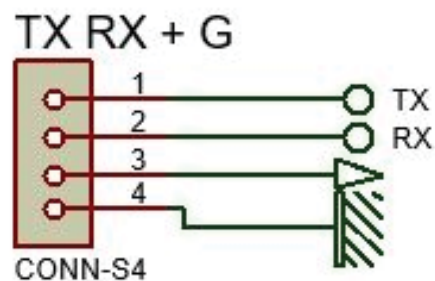
Debido a que el ADC del microcontrolador a utilizar posee la limitante de 1V, se utilizará un divisor de tensión con una relación de  $1/5$  del valor de entrada, adicionalmente se utilizará resistencias en el orden de los cientos de kilo ohm con el fin de asegurar un adecuado acople de impedancias.

Debido a que el sensor de temperatura y humedad (DHT11) utiliza el protocolo i2c, este utilizará solo un pin del esp8266, según recomendaciones del fabricante para distancias hasta los 20 metros se debe utilizar una resistencia de pull-up de 5.1k, tal y como se observa en la Figura 60.



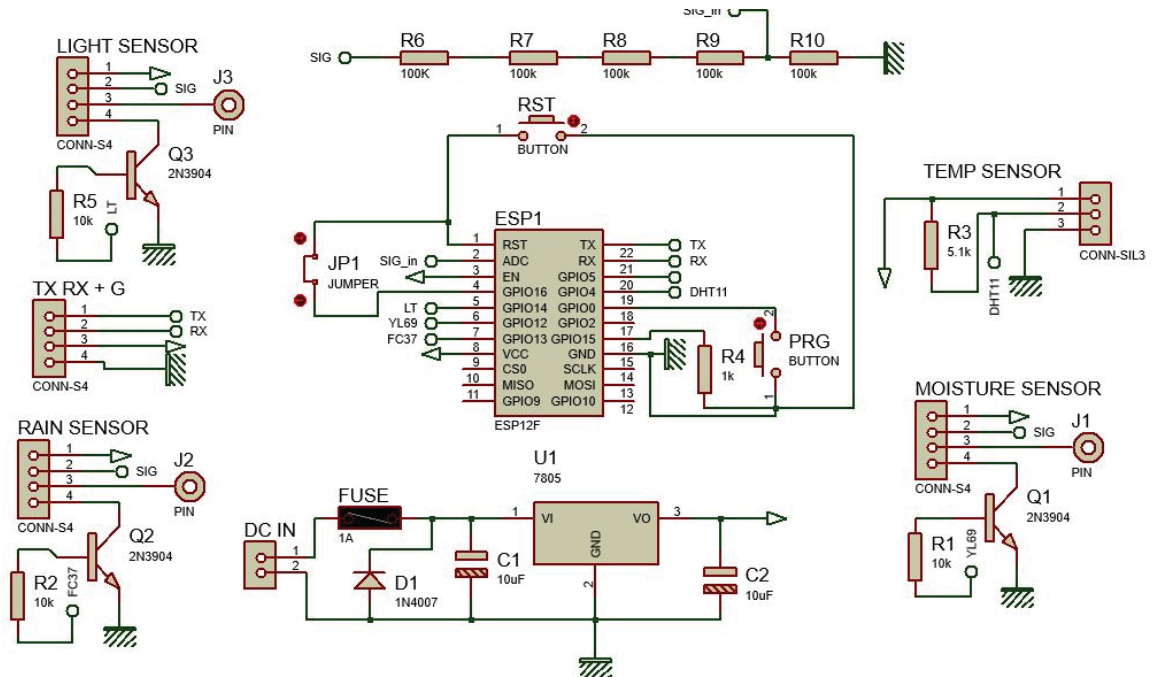
**Figura 60.** Recomendación pull-up

Debido a que se ha decidido utilizar la versión 12 del esp8266, este cuenta con tolerancia a 5v, por lo cual se utilizará un convertidor USB a serial el cual se conectará a los pines de TX, RX, VCC y GND respectivamente, para ello en el esquema se implementará un conector de 4 pines como se observa en la Figura 61.



**Figura 61.** Circuito transmisión de datos.

A continuación, se observa en la Figura 62 el esquema completo del módulo de carga con cada una de las partes que se han diseñado anteriormente.



**Figura 62.** Circuito completo módulo de carga.

A continuación, se detallarán los requerimientos del módulo de control:

- Este deberá manejar distintos tipos de electroválvulas
- Deberá tener protección de polarización inversa
- Operación en modo servidor para recibir solicitudes e instrucciones desde el cliente.

Para el control de la electroválvula se ha decidido utilizar un relé el cual funcionara como un switch permitiendo o no el paso de energía a la electroválvula, adicionalmente a este relé se ha conectado en paralelo un indicador led con la resistencia correspondiente el cual permitirá conocer de manera visual si se ha activado o no; estos elementos serán la carga del transistor.

Haciendo uso de las ecuaciones 3 y 4 del diseño de transistores utilizados para controlar los sensores se obtienen los siguientes valores para el diseño del circuito de control de la electroválvula:

- Voltaje de operación 5V
- Corriente del diodo led 20mA.
- Corriente de relé 70mA.

Para la corriente de colector se utilizará la suma de corrientes del led y del relé lo cual nos da un valor de 90mA. Reemplazando los valores en la ecuación (4) se obtienen los siguientes resultados:

$$R_b = \frac{20 * [(5 - 0.7)]V}{90 \text{ mA}} = 972\Omega \quad (\text{Ecuación 8})$$

Debido a que la resistencia conocida más cercana es la de 1k se utilizará esta para calcular la corriente si la adecuada o no tras reemplazar los valores en la ecuación 8 en la ecuación (2) se obtienen los siguientes resultados:

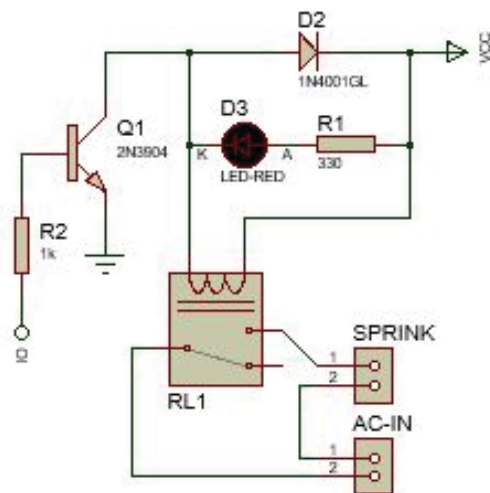
$$I_b = \frac{(5 - 0.7)V}{960\Omega} = 4.4 \text{ mA} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$I_c = 4.4 \text{ mA} * 20 = 88.47 \text{ mA} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Como se puede observar el valor obtenido es muy cercano a los 90mA que se requieren para encender el circuito, partiendo de las peores condiciones. Haciendo las consideraciones del circuito de carga se obtuvieron los siguientes valores de potencia para la resistencia de base y la resistencia que alimentara el indicador led.

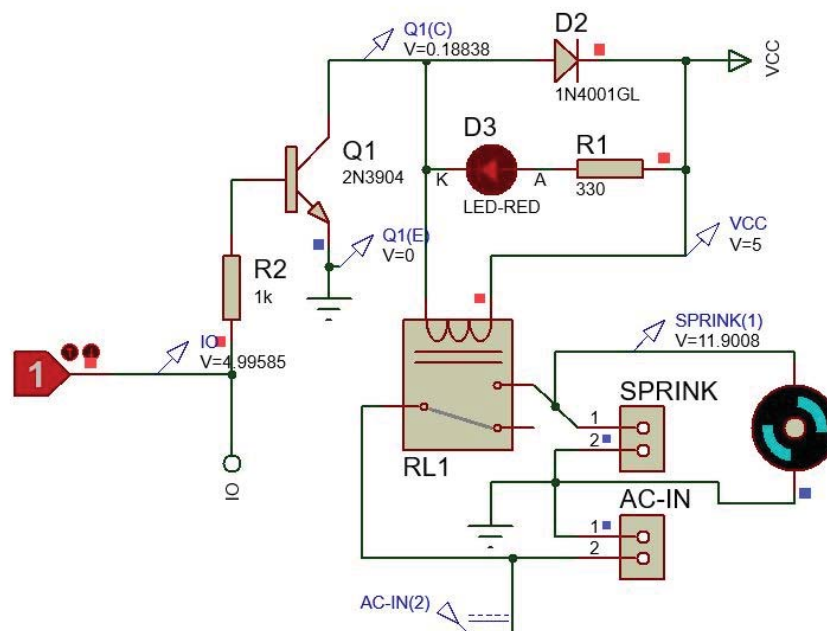
- $R_b = 1k$   $P_{rb} = 1/8w$
- $R_{led} = 330$   $P_{rled} = 1/8w$ .
- Transistor  $i_c = 100mA$

Adicionalmente se ha integrado un diodo rectificador con la funcionalidad de protección del circuito ya que este evitará una carga excesiva de la bobina del relé como se observa en la Figura 63.

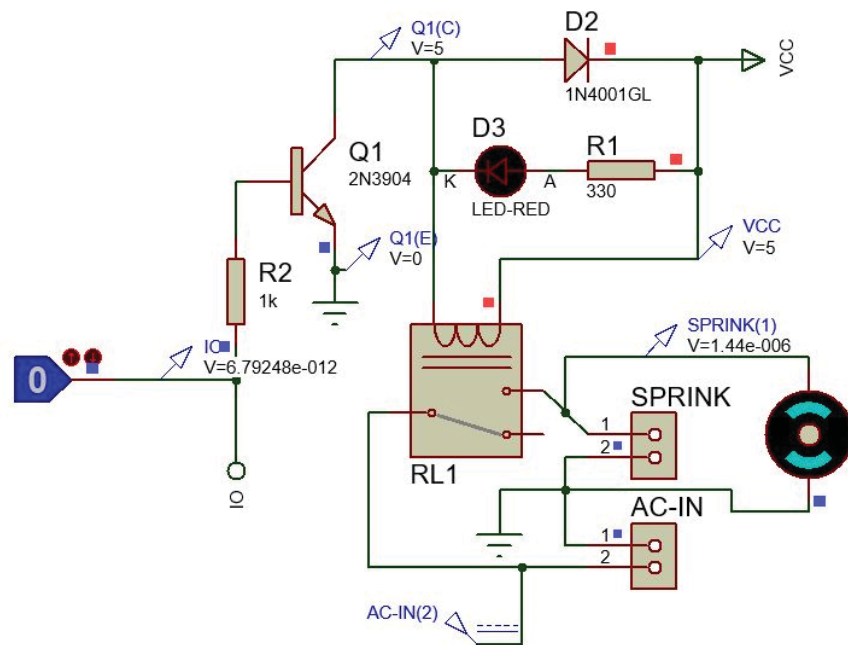


**Figura 63.** Circuito control electroválvula.

En las figuras 64 y 65 se muestra la simulación para el circuito de control de la electroválvula, en la cual se ilustran los estados lógicos que la controlan, para su representación se ha incluido en la simulación un motor con las características de voltaje y corriente de la electroválvula. En las mismas se observan los voltajes en puntos específicos a comparar tras la construcción de la misma.

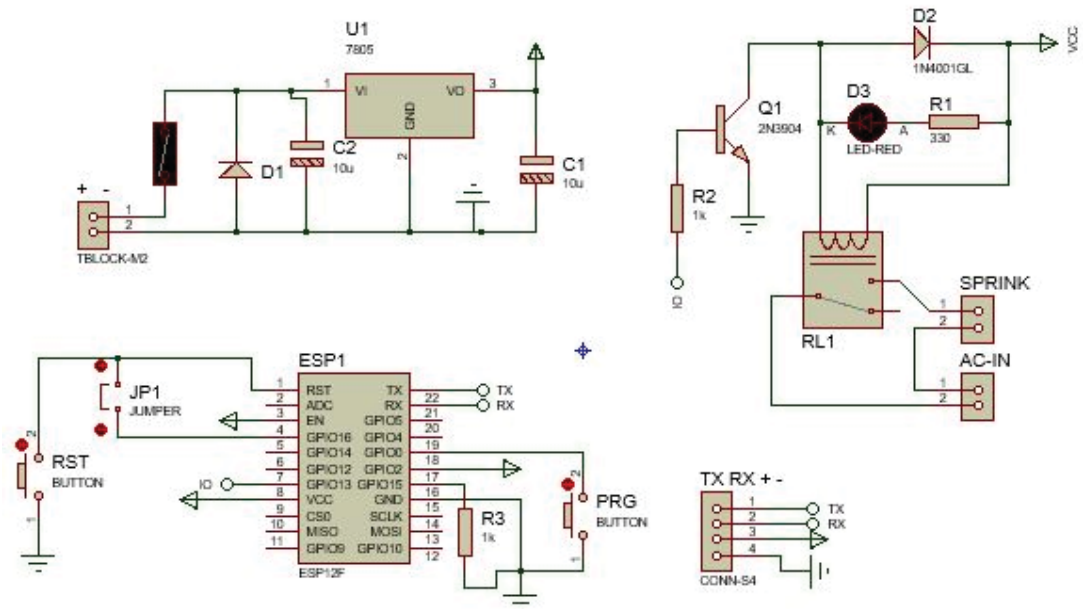


**Figura 64.** Simulación en activación.



**Figura 65.** Simulación en apagado.

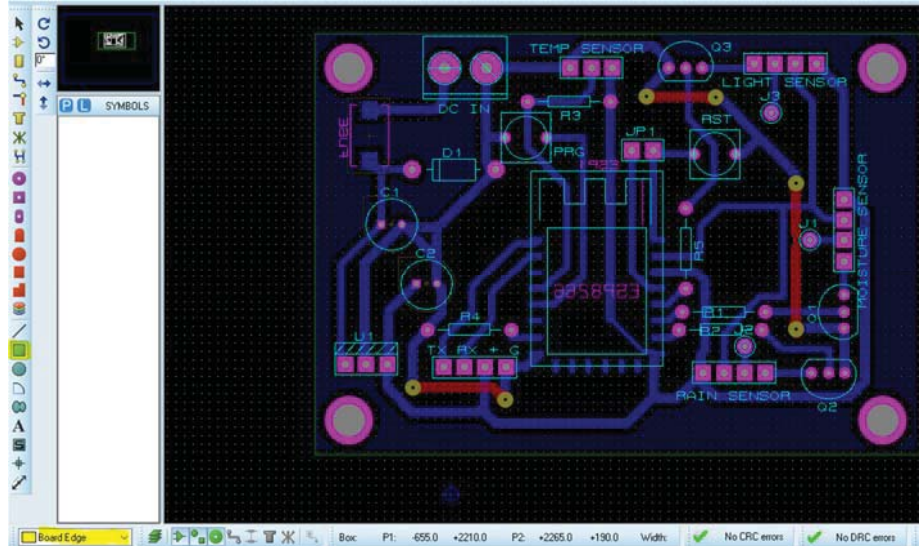
En la Figura 66 se puede observar finalmente el esquema completo.



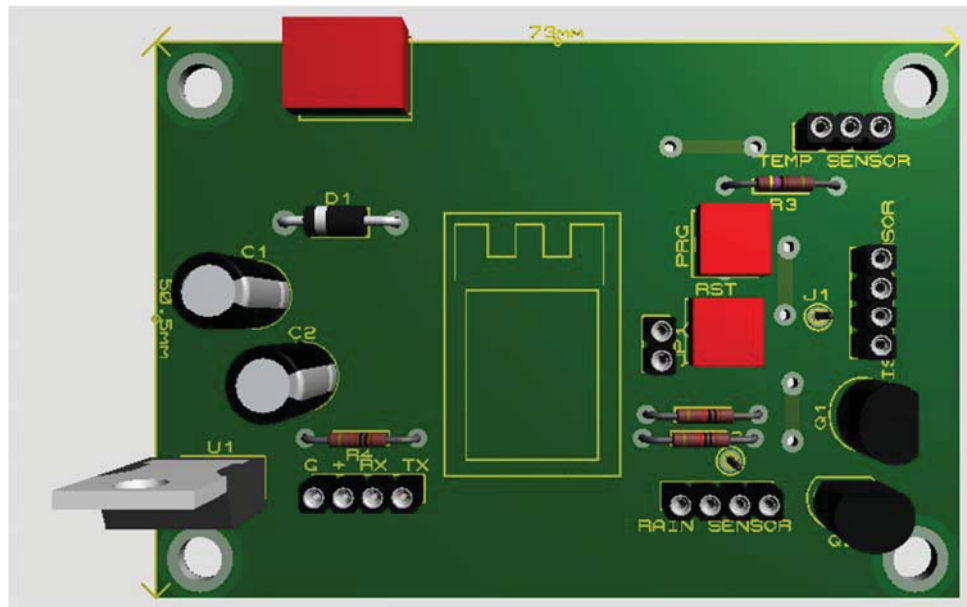
**Figura 66.** Circuito módulo de control.

### 3.2.3.1 Diseño PCB, simulación y construcción

En figuras 67 a 74 se ilustran los resultados del diseño, simulación 3D y construcción de los módulos tanto de carga como de control.

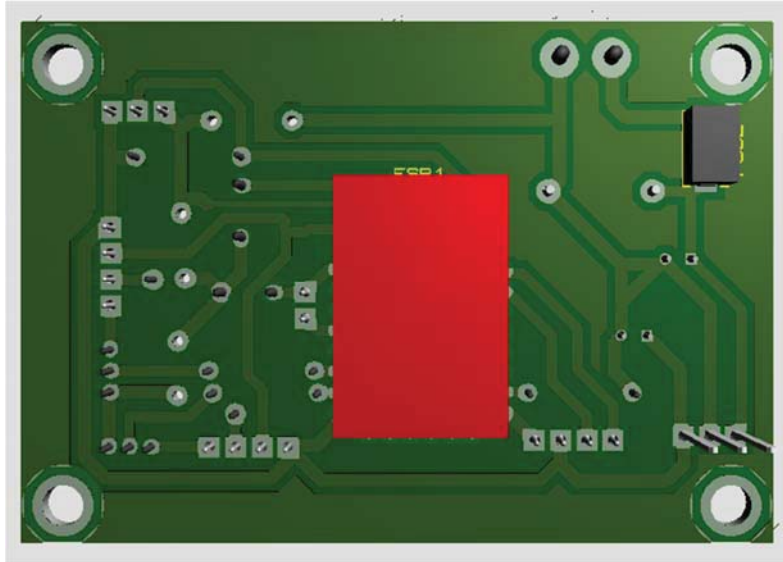


**Figura 67.** Definición límites de la placa.

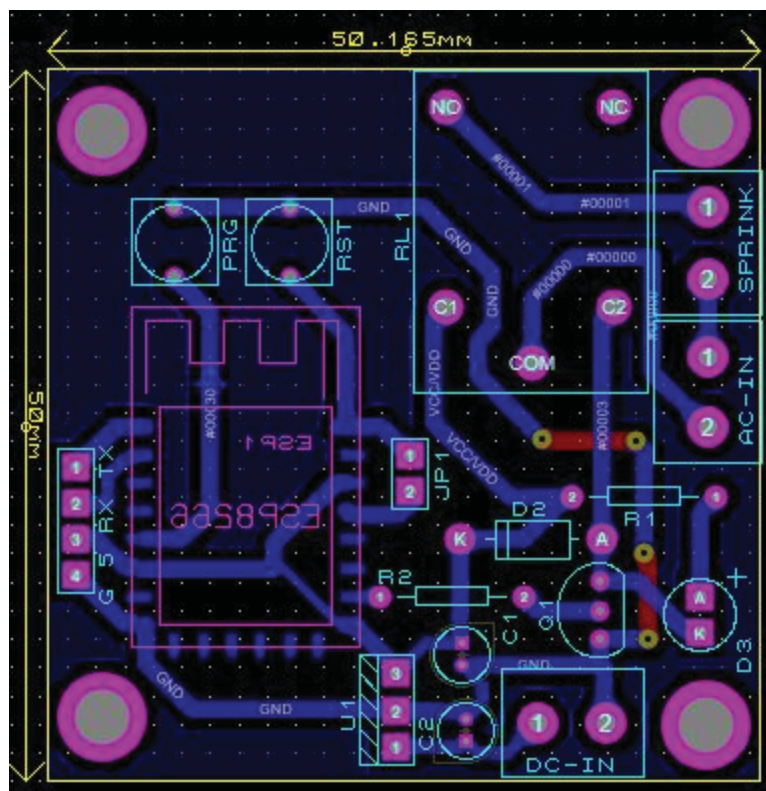


**Figura 68.** Vista 3D superior módulo de carga.

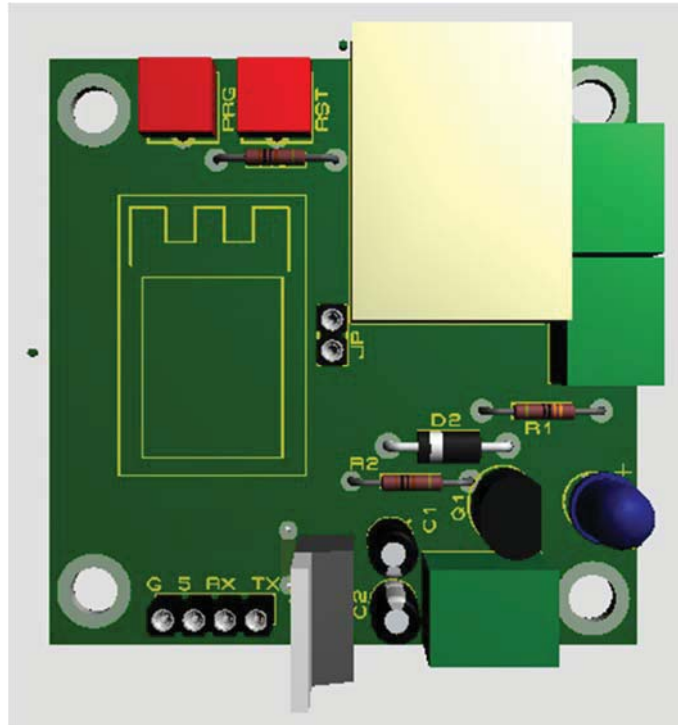




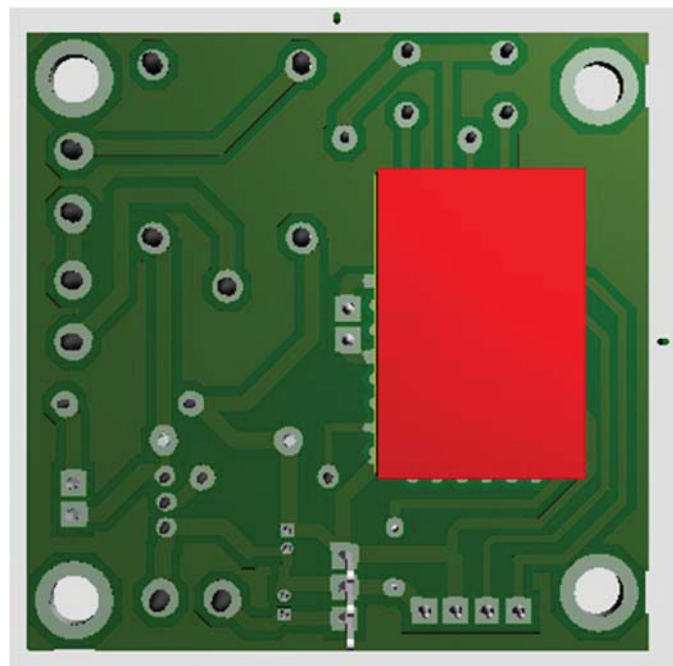
**Figura 69.** Vista 3D inferior módulo de carga.



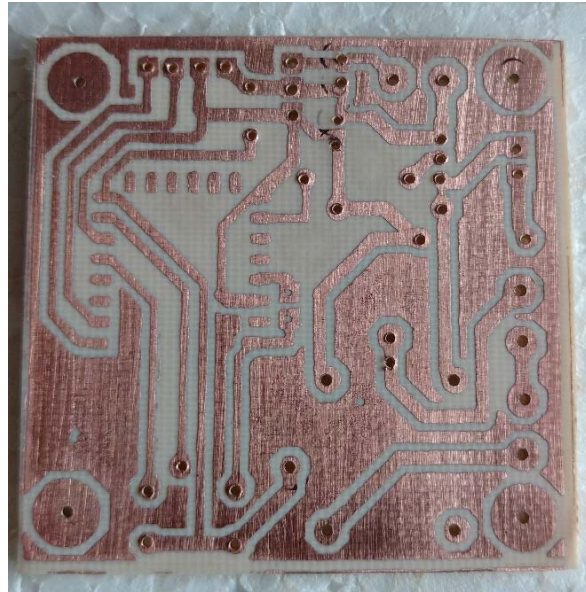
**Figura 70.** Diseño pcb modulo control.



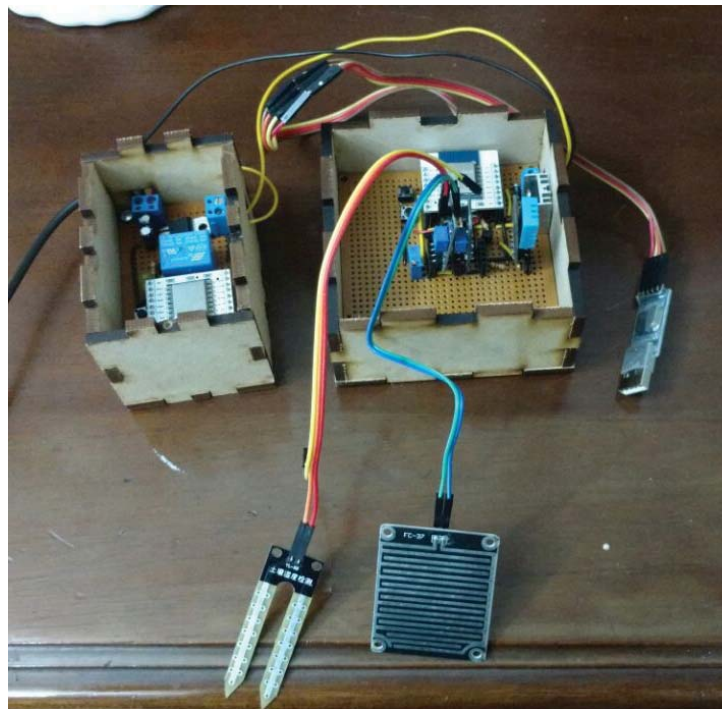
**Figura 71.** Vista 3D superior modulo control.



**Figura 72.** Vista 3D inferior modulo control



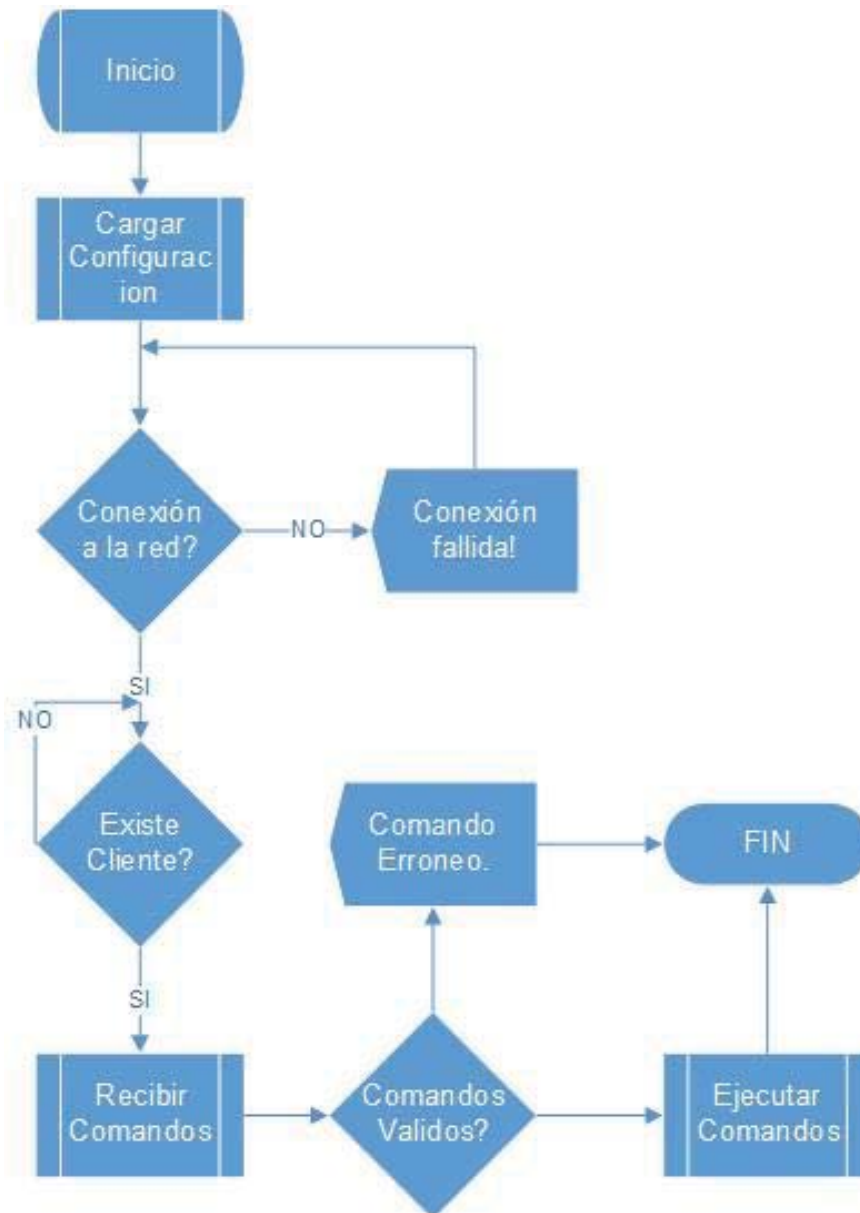
**Figura 73.** Placa siendo perforada.



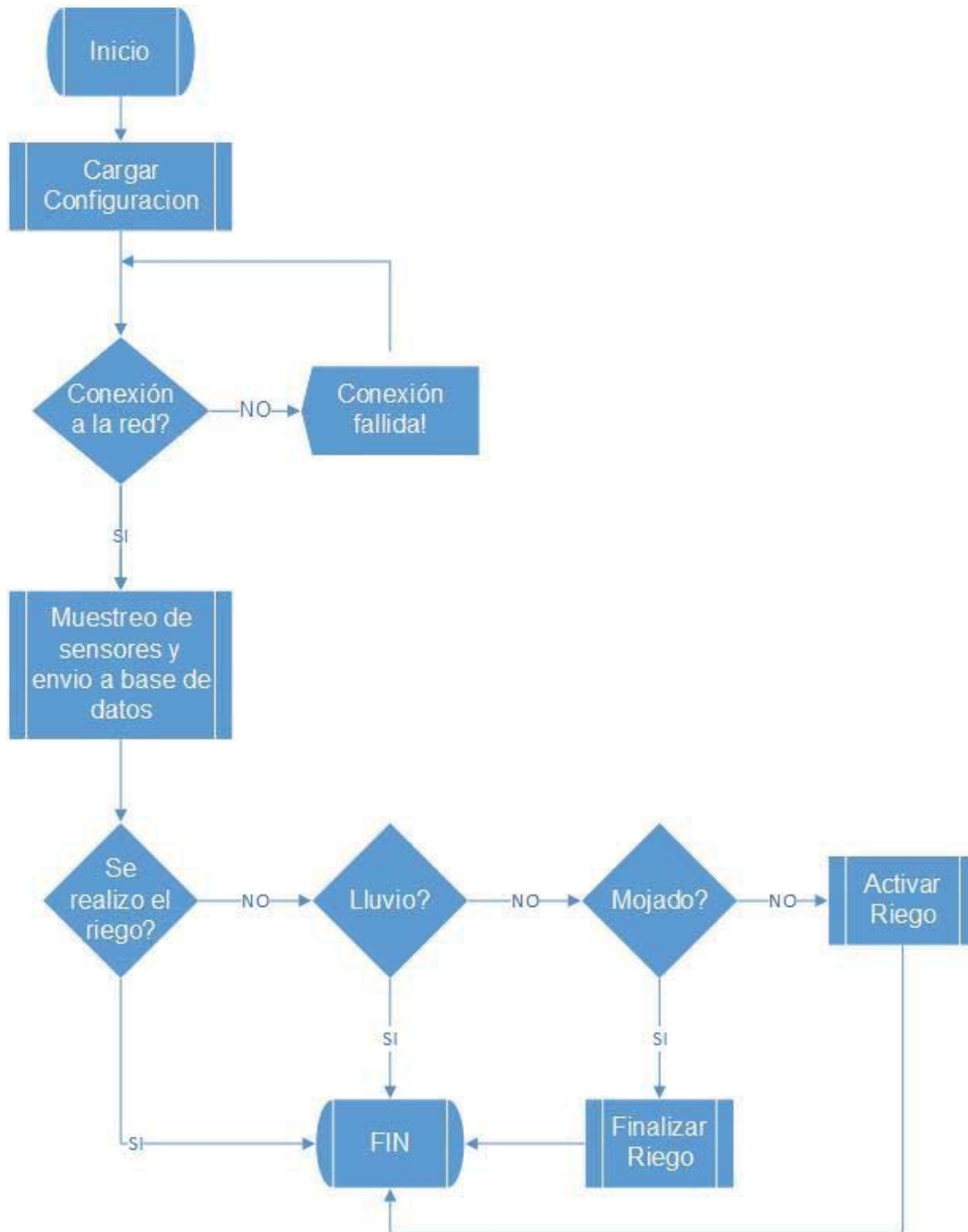
**Figura 74.** Módulos Completos.

### 3.2.4 PROGRAMACIÓN

Para la programación de ambos módulos se ha utilizado el IDE de Arduino junto al SDK proporcionado por la comunidad esp8266, junto a las librerías respectivas para el sensor de humedad DHT11. A continuación, se observará la lógica que deberán realizar los módulos tanto de carga como el de control, para el correcto funcionamiento del sistema en las figuras 75 y 76.



**Figura 75.** Lógica módulo de control



**Figura 76.** Lógica módulo de carga

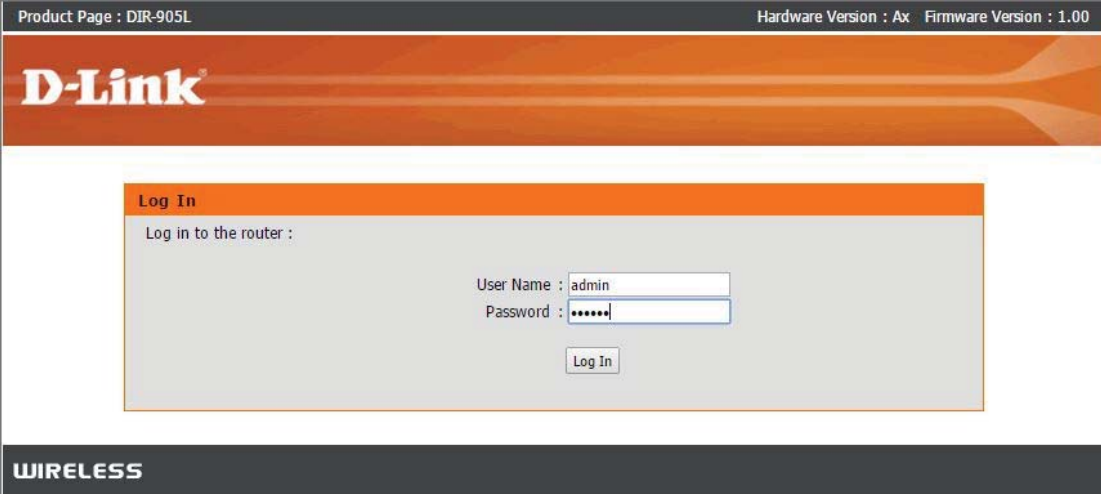
Como se pudo observar en la lógica del módulo de control, tras cargar la configuración inicial el dispositivo trata de conectarse a la red definida, una vez logrado, esperará a que la base de datos o el usuario le envíen los comandos

correspondientes para el accionamiento de la electroválvula, caso contrario el dispositivo no ejecutará ninguna acción y volverá a esperar hasta recibir nuevas instrucciones.

Por otra parte el módulo de carga de datos tras cargar la configuración y conectarse posteriormente a la red, realizara un muestreo de los sensores, una vez adquiridos los datos procederán a enviarlos a la base de datos para su almacenamiento, posteriormente validaran si estos parámetros se encuentran en el rango designado para conocer si se ha realizado o no el riego, posteriormente verifican si ese día llovió, de no ser así verifican si el suelo se encuentra mojado, dando lugar a la activación o finalización del riego mediante una notificación a la base de datos la cual se comunicara con el módulo de control.

### 3.3 Configuración del router.

Debido a que el sistema está alojado localmente, se deberá configurar el redireccionamiento en el router para acceder desde la internet al sistema. Para ello se ingresaremos en el router con el usuario y password asignado como se observa en la Figura 77.



Product Page : DIR-905L Hardware Version : Ax Firmware Version : 1.00

**D-Link**

**Log In**

Log in to the router :

User Name :

Password :

**WIRELESS**

**Figura 77.** Inicio sesión.

Posteriormente iremos a la pestaña de configuración avanzada en la cual iremos a la sección de configuración de puertos, ahí se asignará la regla

correspondiente para redireccionar del puerto 888 externo al puerto local 80 hacia el servidor web y de base de datos, el cual posee la ip 192.168.0.104 como se observa en las figuras 78 y 79.



**Figura 78.** Configuración de puertos.

<input checked="" type="checkbox"/>	Name server	<< Application Name ▼	Public Port 81 ~ 81	Any ▼
	IP Address 192.168.0.104	<< Computer Name ▼	Private Port 80 ~ 80	

**Figura 79.** Puertos configurados.

Para acceder mediante una dirección web se utilizará el servicio de DDNS de noip.org, para ello en su página web crearemos una cuenta, una vez creada la cuenta se creará un host con la dirección pública de la conexión a internet, a esta ip le asignaremos una dirección web como se observa en las figuras 80 y 81.

com/#/dynamic-dns

YT Netflix Inovacion DPT Programas Movies Proyectos Spotify ZIPCode Masters Hackers - Po Dangerous Protot

### Add Hostname

Hostname:  Domain:  Record Type:

Enable Wildcard Upgrade to Enhanced to enable wildcard hostnames.

Record Type

DNS Host (A) ?

DNS Alias (CNAME) ?

Web Redirect ?

AAAA (IPv6) ?

Manage your Round Robin, TXT, SRV and DKIM records.

Protocol:  URL / IP ?:

**Figura 80.** Configuración de DDNS

Manage Hostnames

Hostname	IP / Target	Type	Expiration
<a href="#">emiliopinostesis.ddns.net</a> <small>?</small>	186.71.234.69:81/web	<input type="button" value="URL"/>	<input type="button" value="Expires in 30 days"/>

**Figura 81.** DDNS configurado.



### 3.4 Costos del sistema

A continuación, se detallarán en la tabla 20 todos los factores tomados en consideración para el costo del sistema, entre ellos se incluyen materiales, horas de diseño y programación entre otras.

**Tabla 20.**

*Costos del Sistema*

Item	Cantidad	Valor Unitario	Total
Baquelita 10*8cm	2	\$2.50	\$5.00
Condensadores 10uF	4	\$0.10	\$0.40
7805	2	\$0.35	\$0.70
ESP8266	2	\$25.00	\$50.00
DHT11	1	\$15.00	\$15.00
Potenciometro de precision	1	\$0.50	\$0.50
Pulsadores	4	\$0.17	\$0.68
Transistores	5	\$0.09	\$0.45
Rectificador 1n4007	3	\$0.10	\$0.30
Bornera	3	\$0.35	\$1.05
Resistencias	7	\$0.03	\$0.21
Led	1	\$0.17	\$0.17
Disipador de poder	1	\$0.40	\$0.40
Pines	1	\$0.80	\$0.80
Sensor de lluvia	1	\$12.00	\$12.00
Sensor de humedad del suelo	1	\$15.00	\$15.00
Electrovalvula	1	\$25.00	\$25.00
Convertidor USB TTL	1	\$10.00	\$10.00
Programacion	60	\$35.00	\$2,100.00
Diseno Base de Datos	6	\$20.00	\$120.00
Construccion	8	\$10.00	\$80.00
		<b>TOTAL</b>	<b>\$2,437.66</b>

## 4 PRUEBAS

Para revisar el funcionamiento se realizaron las pruebas que se observa en la Tabla 21 ,siendo estas algunas de las más significativas.

**Tabla 21.**

*Pruebas a realizar.*

<b>PRUEBA A REALIZAR</b>
Conectividad en la red local
Accionamiento de relé
Envío de datos
Registro de los datos
Control del relé desde página web local
Visualización del historial de datos
Conectividad de las pistas
Perfiles de datos y menú
Control del sistema desde el exterior
Visualización desde el exterior
Carga de datos exitosa
Consumo de datos para despliegue de gráficas
Conexión a la base de datos
Distancia máxima a la que existe conectividad
Tolerancia de los elementos

En la prueba de conectividad en la red local se pudo observar que el dispositivo se conecta adecuadamente a la red, sin embargo, no aparece en la lista de dispositivos que han iniciado sesión en el router como se muestra en la figura Figura 82.

```

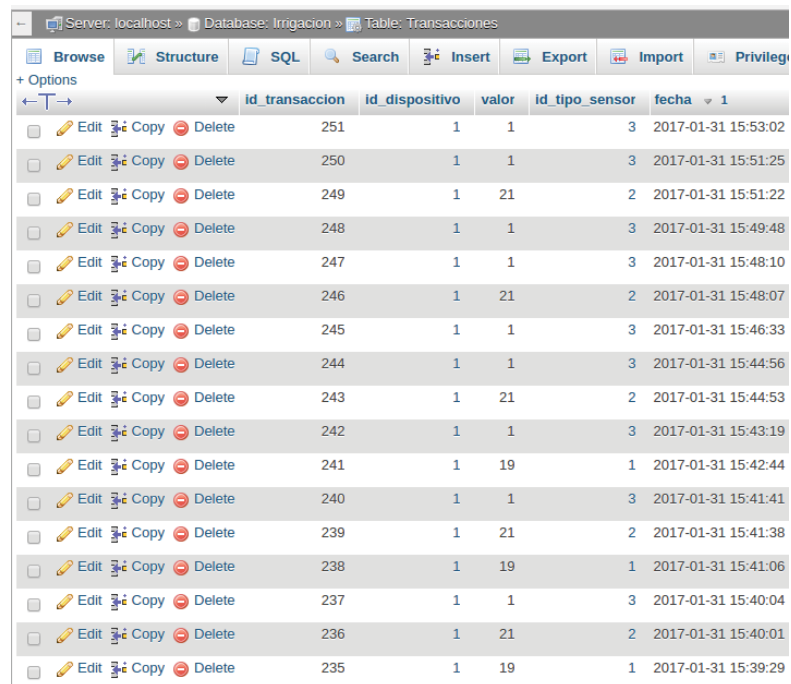
COM7
rllež|Clà|00000li0b|ž,0i0'r'b00b00nnžlnneâ
Attempting to connect to SSID: TESIS
Attempting to connect to SSID: TESIS
Connected to wifi
SSID: Tesis
IP Address: 192.168.0.109
signal strength (RSSI):-53 dBm
connecting to 192.168.0.104

```

**Figura 82.** Conexión exitosa a la red.

El accionamiento del módulo de control es exitoso, permite el control de diversas electroválvulas ya sea que estas se alimenten en dc o AC.

Los datos son registrados exitosamente en la base de datos por los dispositivos, adicionalmente se diseñó un formulario web con el cual se realizaron pruebas manuales para el envío de los parámetros y ajuste de los mismos en el microcontrolador como se ilustra en la figura 83.



	id_transaccion	id_dispositivo	valor	id_tipo_sensor	fecha
<input type="checkbox"/>	251	1	1	3	2017-01-31 15:53:02
<input type="checkbox"/>	250	1	1	3	2017-01-31 15:51:25
<input type="checkbox"/>	249	1	21	2	2017-01-31 15:51:22
<input type="checkbox"/>	248	1	1	3	2017-01-31 15:49:48
<input type="checkbox"/>	247	1	1	3	2017-01-31 15:48:10
<input type="checkbox"/>	246	1	21	2	2017-01-31 15:48:07
<input type="checkbox"/>	245	1	1	3	2017-01-31 15:46:33
<input type="checkbox"/>	244	1	1	3	2017-01-31 15:44:56
<input type="checkbox"/>	243	1	21	2	2017-01-31 15:44:53
<input type="checkbox"/>	242	1	1	3	2017-01-31 15:43:19
<input type="checkbox"/>	241	1	19	1	2017-01-31 15:42:44
<input type="checkbox"/>	240	1	1	3	2017-01-31 15:41:41
<input type="checkbox"/>	239	1	21	2	2017-01-31 15:41:38
<input type="checkbox"/>	238	1	19	1	2017-01-31 15:41:06
<input type="checkbox"/>	237	1	1	3	2017-01-31 15:40:04
<input type="checkbox"/>	236	1	21	2	2017-01-31 15:40:01
<input type="checkbox"/>	235	1	19	1	2017-01-31 15:39:29

**Figura 83.** Registro exitoso de datos.

Se realizaron pruebas de conexión de la base de datos a nivel de servidor mediante apache con la conexión presente en cada una de las páginas y posteriormente en un archivo aislado para brindar mayor seguridad a la página web.

Se realizaron pruebas de conexión al servidor web haciendo uso del servicio de DDNS, el cual fue exitoso, se puede acceder desde la red móvil celular y desde otra ubicación con otro operador de internet, llegando a alcanzar a la página y control de los dispositivos como se observa en las figuras 84 y 85.



**Figura 84.** Acceso desde red celular.



**Figura 85.** Acceso desde otro proveedor de servicios.

Se comprobó el alcance máximo de los dispositivos según las especificaciones del fabricante, llegando a mantener la conexión a 30 metros sin línea de vista y

a 70 con línea de vista, en las figuras 86 y 87 se muestran las distancias utilizando un mapa de google.



**Figura 86.** Referencia de distancia con línea de vista.



**Figura 87.** Referencia de distancia sin línea de vista.

Se verifico los valores obtenidos por los sensores, los rangos de operación y valores asociados a ellos por el ADC, se pudo observar que el valor máximo es de 4.5v en condiciones normales y 4.7 en caso de error o falla de los sensores de humedad del suelo, lluvia y luminosidad, el cual se puede generar por un mal acoplamiento de impedancias.

Se logró compilar el software necesario para obtener las UDF que necesita Mysql para realizar peticiones hacia el módulo de control enviándole así instrucciones para el accionamiento o cierre de la electroválvula.

Al realizar pruebas con el despliegue de los datos mediante google charts se observó que estos no pueden ser generados si no existe conectividad con los servidores de google.

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Durante el desarrollo del proyecto, se pudo observar que el tema es muy extenso y versátil ya que permite el desarrollo de múltiples sensores y módulos los cuales a futuro pueden permitir un ahorro en el consumo de agua a un bajo coste, adicionalmente se puede mejorar el desempeño del sistema a nivel de usuario desarrollando aplicaciones específicas para los dispositivos Android e iOS, ya que el uso de web en algunos casos consume una gran cantidad de datos que el usuario puede no desear o la resolución de la información puede no ser observada en detalle.

Las aplicaciones del sistema pueden ser varias no solo a nivel de irrigación de florícolas sino también en producción de hortalizas en el hogar, riego de áreas comunales, racionamiento de agua sectorizado y calendarizado, e inclusive puede llegar a ser modificado para la prevención de incendios, todas ellas sin la necesidad de que el usuario se encuentre presencialmente y todo a distancia de manera ubicua.

### **5.2 Recomendaciones**

En cuanto al diseño del módulo, se pueden hacer mejoras en cuanto a la construcción del mismo y mejoras como la implementación de una mejor antena, permitiéndole un mayor alcance. Para áreas en las cuales no existe una cobertura wifi, se recomienda la utilización de un módulo GPRS, el cual permitirá la conectividad del dispositivo mediante la red móvil celular a un bajo costo.

Se recomienda un análisis más profundo en la implementación de un servidor web o la utilización de un hosting, de tal manera que se eviten problemas por configuraciones de seguridad, las cuales bloqueen la carga de los dispositivos de adquisición de datos.

A su vez se recomienda un análisis de la modalidad de ahorro de energía del esp8266 para obtener una mayor autonomía en el uso de baterías en zonas en las que se desea desplegar el sistema y no exista la posibilidad de conexión a la red pública de electricidad.



## REFERENCIAS

- Achour, M., Betz, F., Dovgal, A., Lopes, N., Richter, G., & Seguy, D. (s.f.). *Php Manual*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2016, de php.net:  
[http://cl1.php.net/distributions/manual/php\\_manual\\_en.html.gz](http://cl1.php.net/distributions/manual/php_manual_en.html.gz)
- Arduino Uno & Genuino Uno*. (s.f.). *Arduino Specs*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de Arduino Uno & Genuino Uno:  
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Boylestad, R. L. (2014). *Introductory Circuit Analysis* (12th ed.). Edinburg: Pearson. Recuperado el 26 de Noviembre de 2016, de  
<http://www.portcity.edu.bd/ELibrary/EEE/introductorycircuitanalysis.pdf>
- C++. (2016). Lenguajes de programacion. Recuperado el 25 de Noviembre de 2016, de cplusplus.com: <http://www.cplusplus.com/info/description/>
- espressif. (s.f.). *Espressif*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de espressif.com: [http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)
- Facstaff.bucknell.edu*. (s.f.). Capacitancia en circuitos. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de Facstaff.bucknell.edu:  
<http://www.facstaff.bucknell.edu/mastascu/elessonshtml/lc/capac1.htm>
- Learn Sparkfun- Diods*. (s.f.). Especificaciones de Diodos. Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de sparkfun.com:  
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/diodes#diode-applications>
- National Instruments*. (2010). *Wireless Sensor Networks*. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de ni.com: <http://www.ni.com/white-paper/11211/en/>
- National Instruments*. (2012). *Introduction to Iot*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de ni.com: <http://www.ni.com/white-paper/10789/en/>
- Pallas Areny, R. (2004). Sensores inalambricos. doi:8426713440, 9788426713445
- Parlante, N. (2003). Programacion esencial en C. Recuperado el 24 de Noviembre de 2016, de stanford.edu:  
<http://cslibrary.stanford.edu/101/EssentialC.pdf>
- POWER SUPPLY*. (s.f.). Recomendaciones RapsberryPi. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de raspberrypi.org:  
<https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/power/README.md>
- Raspberrypi.org*. (s.f.). Caracteristicas RaspberryPi. Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de raspberrypi.org:  
<https://www.raspberrypi.org/help/faqs/#introWhatIs>

*Redes inalámbrica.* (s.f.). Introduccion a las Redes Inalambricas. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de es.ccm.net: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>

Serna Ruiz, A., Ros Garcia, F. A., & Rico Nogera, J. C. (2010). Guia Practica de Sensores. Recuperado el 5 de Noviembre de 2016, de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=sensores+resistivos&ots=BuiSc33xo7&sig=JYD2iBhfXTMDybhAaRziMSUaRFI&redir\\_esc=y#v=onepage&q=sensores%20resistivos&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=sensores+resistivos&ots=BuiSc33xo7&sig=JYD2iBhfXTMDybhAaRziMSUaRFI&redir_esc=y#v=onepage&q=sensores%20resistivos&f=false)

Smith, J., Chica, E. J., & Vallecillo, A. J. (2015). Perspectivas sobre los transgenicos. Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21938>

*Sparkfun.com.* (s.f.). Introduccion a los capacitores. Recuperado el 26 de Noviembre de 2016, de Sparkfun.com: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/capacitors>

## **ANEXOS**

## 1、Product Overview

DHT11 digital temperature and humidity sensor is a composite Sensor contains a calibrated digital signal output of the temperature and humidity. Application of a dedicated digital modules collection technology and the temperature and humidity sensing technology, to ensure that the product has high reliability and excellent long-term stability. The sensor includes a resistive sense of wet components and an NTC temperature measurement devices, and connected with a high-performance 8-bit microcontroller.



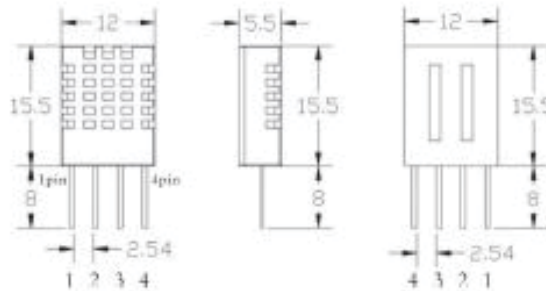
## 2、Applications

HVAC, dehumidifier, testing and inspection equipment, consumer goods, automotive, automatic control, data loggers, weather stations, home appliances, humidity regulator, medical and other humidity measurement and control.

## 3、Features

Low cost, long-term stability, relative humidity and temperature measurement, excellent quality, fast response, strong anti-interference ability, long distance signal transmission, digital signal output, and precise calibration.

## 4、Dimensions (unit: mm)



**5. Product parameters**

## Relative humidity

Resolution: 16Bit

Repeatability:  $\pm 1\%$  RHAccuracy: At 25°C  $\pm 5\%$  RH

Interchangeability: fully interchangeable

Response time: 1 / e (63%) of 25°C 6s

1m / s air 6s

Hysteresis:  $< \pm 0.3\%$  RHLong-term stability:  $< \pm 0.5\%$  RH / yr in

## Temperature

Resolution: 16Bit

Repeatability:  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ Range: At 25°C  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 

Response time: 1 / e (63%) 10S

## Electrical Characteristics

Power supply: DC 3.5 ~ 5.5V

Supply Current: measurement 0.3mA standby 60 $\mu$  A

Sampling period: more than 2 seconds

## Pin Description

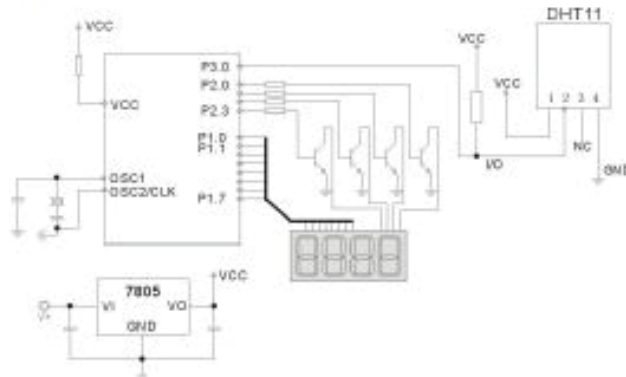
1, the VDD power supply 3.5 ~ 5.5V DC

2 DATA serial data, a single bus

3, NC, empty pin

4, GND ground, the negative power

## 6. Typical circuit



Microprocessor and DHT11 of connection typical application circuit as shown above, DATA pull the microprocessor I/O ports are connected.

1. Typical application circuit recommended in the short cable length of 20 meters on the 5.1K pull-up resistor, the resistance of greater than 20 meters under the pull-up resistor on the lower of the actual situation.
2. When using a 3.5V voltage supply cable length shall not be greater than 20cm. Otherwise, the line voltage drop will cause the sensor power supply shortage, caused by measurement error.
3. Each read out the temperature and humidity values are the results of the last measurement For real-time data, sequential read twice, but is not recommended to repeatedly read the sensors, each read sensor interval is greater than 5 seconds can be obtained accurate data.

## 7. Serial communication instructions (single-wire bi-directional)

### Single bus Description

DHT11 uses a simplified single-bus communication. Single bus that only one data line, the system of data exchange, control by a single bus to complete. Device (master or slave) through an open-drain or tri-state port connected to the data line to allow the device does not send data to release the bus, while other devices use the bus; single bus usually require an external one about 5.1kΩ pull-up resistor, so that when the bus is idle, its status is high. Because they are the master-slave structure, and only when the host calls the slave, the slave can answer, the host access devices must strictly follow the single-bus sequence, if the chaotic sequence, the device will not respond to the host.

### Single bus to transfer data defined

DATA For communication and synchronization between the microprocessor and DHT11, single-bus data format, a transmission of 40 data, the high first-out.

# ESP8266EX Datasheet



Version 5.0  
Copyright © 2016



## 1.2. Main Technical Specifications

Table 1-1. Main Technical Specifications

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Standards	FCC/CE/TELEC/SRRC
	Protocols	802.11 b/g/n/e/l
	Frequency Range	2.4G ~ 2.5G (2400M ~ 2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)		
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Antenna	PCB Traces, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit micro controller
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
	Operating Voltage	3.0V ~ 3.6V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40°C ~ 125°C
	Storage Temperature Range	-40°C ~ 125°C
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
External Interface	-	
Software	Wi-Fi Mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App





## 2. Pin Definitions

Figure 2-1 shows the pin layout for 32-pin QFN package.

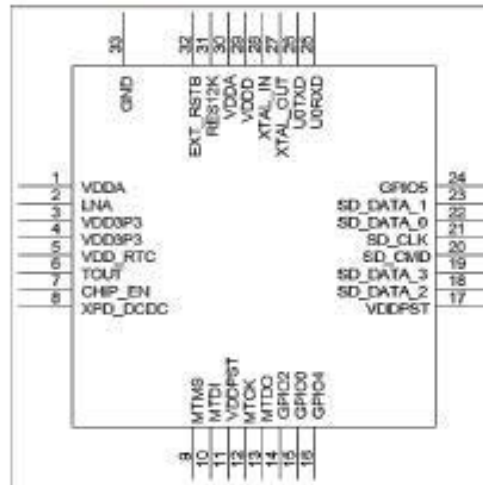


Figure 2-1. Pin Layout

Table 2-1 lists the definitions and functions of each pin.

Table 2-1. ESP8266EX Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 3.0V ~ 3.6V
2	LNA	I/O	RF Antenna Interface. Chip Output Impedance=50Ω No matching required. It is suggested to retain the n-type matching network to match the antenna.
3	VDD3P3	P	Amplifier Power 3.0V ~ 3.6V
4	VDD3P3	P	Amplifier Power 3.0V ~ 3.6V
5	VDD_RTC	P	NC (1.1V)
6	TOUT	I	ADC pin. It can be used to test the power supply voltage of VDD3P3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 6). However, these two functions cannot be used simultaneously.
7	CHIP_PU	I	Chip Enable High: On, chip works properly Low: Off, small current consumed



Pin	Name	Type	Function
8	XPD_DCDC	I/O	Deep-sleep wakeup (need to be connected to EXT_RSTB); GPIO16
9	MTMS	I/O	GPIO 14; HSPL_CLK
10	MTDI	I/O	GPIO 12; HSPL_MISO
11	VDDPST	P	Digital/I/O Power Supply (1.8V - 3.3V)
12	MTCK	I/O	GPIO 13; HSPL_MOSI; UART0_CTS
13	MTDO	I/O	GPIO 15; HSPL_CS; UART0_RTS
14	GPIO2	I/O	UART Tx during flash programming; GPIO2
15	GPIO0	I/O	GPIO0; SPL_CS2
16	GPIO4	I/O	GPIO 4
17	VDDPST	P	Digital/I/O Power Supply (1.8V - 3.3V)
18	SDIO_DATA_2	I/O	Connect to SD_D2 (Series R: 200Ω); SPIHD; HSPHD; GPIO 9
19	SDIO_DATA_3	I/O	Connect to SD_D3 (Series R: 200Ω); SPIWP; HSPWP; GPIO 10
20	SDIO_CMD	I/O	Connect to SD_CMD (Series R: 200Ω); SPL_CS0; GPIO 11
21	SDIO_CLK	I/O	Connect to SD_CLK (Series R: 200Ω); SPL_CLK; GPIO 6
22	SDIO_DATA_0	I/O	Connect to SD_D0 (Series R: 200Ω); SPL_MISO; GPIO 7
23	SDIO_DATA_1	I/O	Connect to SD_D1 (Series R: 200Ω); SPL_MOSI; GPIO 8
24	GPIO5	I/O	GPIO 5
25	U0RXD	I/O	UART Rx during flash programming; GPIO 3
26	U0TXD	I/O	UART Tx during flash programming; GPIO 1; SPL_CS1
27	XTAL_OUT	I/O	Connect to crystal oscillator output, can be used to provide BT clock input
28	XTAL_IN	I/O	Connect to crystal oscillator input
29	VDDD	P	Analog Power 3.0V - 3.6V
30	VDDA	P	Analog Power 3.0V - 3.6V
31	RES12K	I	Serial connection with a 12 kΩ resistor and connect to the ground
32	EXT_RSTB	I	External reset signal (Low voltage level: Active)

**Note:**

GPIO2, GPIO0, and MTDO are configurable on PCB as the 3-bit strapping register that determines the booting mode and the SDIO timing mode.



## 5. Electrical Specifications

### 5.1. Electrical Characteristics

Table 5-1. Electrical Characteristics

Parameters	Conditions	Min	Typical	Max	Unit	
Storage Temperature Range	-	-40	Normal	125	°C	
Maximum Soldering Temperature	IPC/JEDEC J-STD-020	-	-	260	°C	
Working Voltage Value	-	3.0	3.3	3.6	V	
I/O	$V_{IL}/V_{IH}$	-	-0.3/0.75V <sub>CC</sub>	-	0.25V <sub>CC</sub> /3.6	V
	$V_{OL}/V_{OH}$	-	N/A/0.8V <sub>CC</sub>	-	0.1V <sub>CC</sub> /N	
	$I_{max}$	-	-	-	12	mA
Electrostatic Discharge (HBM)	T <sub>AMB</sub> =25°C	-	-	2	KV	
Electrostatic Discharge (CDM)	T <sub>AMB</sub> =25°C	-	-	0.5	KV	

### 5.2. Power Consumption

Table 5-2. Power Consumption

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Tx 802.11b, CCK 11Mbps, P <sub>OUT</sub> =+17dBm	-	170	-	mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, P <sub>OUT</sub> =+15dBm	-	140	-	mA
Tx 802.11n, MCS7, P <sub>OUT</sub> =+13dBm	-	120	-	mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80dBm	-	50	-	mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm	-	55	-	mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm	-	55	-	mA
Modem-Sleep <sup>①</sup>	-	15	-	mA
Light-Sleep <sup>②</sup>	-	0.9	-	mA
Deep-Sleep <sup>③</sup>	-	10	-	μA
Power Off	-	0.5	-	μA



Table 4-8. Pin Definitions of IR Remote Control

Pin Name	Pin Num	ID	Function Name
MTMS	9	ID14	IR Tx
GPIO5	24	ID 5	IR Rx

The functionality of infrared remote control interface can be implemented via software programming. NEC coding, modulation, and demodulation are used by this interface. The frequency of modulated carrier signal is 38 KHz, while the duty ratio of the square wave is 1/3. The transmission range is around 1m which is determined by two factors: one is the maximum value of rated current, the other is internal current-limiting resistance value in the infrared receiver. The larger the resistance value, the lower the current, so is the power, and vice versa. The transmission angle is between 15° and 30° which is determined by the radiation direction of the infrared receiver.

#### 4.9. ADC (Analog-to-Digital Converter)

ESP8266EX is embedded with a 10-bit precision SARADC. TOUT (Pin6) is defined as below.

Table 4-9. Pin Definition of ADC

Pin Name	Pin Num	Function Name
TOUT	6	ADC Interface

The following two functions can be implemented using ADC (Pin 6). However, they cannot be implemented at the same time.

- Test the power supply voltage of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4).

Hardware Design	TOUT must be dangled.
RF Initialization Parameter	The 107th byte of <code>esp_init_data_default.bin</code> (0 ~ 127 bytes), <code>vdd33_const</code> must be set to 0xFF.
RF Calibration Process	Optimize the RF circuit conditions based on the testing results of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4).
User Programming	Use <code>system_get_vdd33</code> instead of <code>system_adc_read</code> .

- Test the input voltage of TOUT (Pin 6).

Hardware Design	The input voltage range is 0 to 1.0V when TOUT is connected to external circuit.
RF Initialization Parameter	The value of the 107th byte of <code>esp_init_data_default.bin</code> (0 ~ 127 bytes), <code>vdd33_const</code> must be set to the real power supply voltage of Pin 3 and Pin 4. The working power voltage range of ESP8266EX is between 1.8V and 3.6V, while the unit of <code>vdd33_const</code> is 0.1V, therefore, the effective value range of <code>vdd33_const</code> is 18 to 36.

Shenzhen BCTC Technology Co.,Ltd.  
A.Floor 3, 44 Building, Tanglang Industrial Park B,  
Taoyuan Street, Nanshan District, Shenzhen, China



# Certificate of Compliance

**Certificate Number: BCTC-141212468**

**Applicant** : Shenzhen Anxinke technology co., LTD  
5A, B Building, Gushu WanLiHua Industrial, XiXiang Town, BaoAn District,  
ShenZhen, China

**Manufacturer** : Shenzhen Anxinke technology co., LTD  
5A, B Building, Gushu WanLiHua Industrial, XiXiang Town, BaoAn District,  
ShenZhen, China

**Product** : WIFI Module

**Trademark** : AI-THINKER

**M/N** : ESP-12

Essential requirement		Applied Specifications/Standards	Documentary Evidence
Art.3.1(a)	Safety	EN 60950	BCTC-141212469
Art.3.1(b)	EMC	ETSI EN301 489	BCTC-141212470
Art.3.2	Radio	ETSI EN300 328	BCTC-141212471

The EUT described above has been tested by us with the listed standards and found in compliance with the council RTTE directive 99/5/EC. It is possible to use CE marking to demonstrate the compliance with this Directive. The scope of evaluation relates to the submitted documents only. It is only valid in connection with the test report number: BCTC-141212469 / BCTC-141212470 / BCTC-141212471.



This certificate of conformity is based on a single evaluation of the submitted sample(s) of the above mentioned product. It does not imply an assessment of the whole product and relevant. Directives have to be observed.

Tel: 400-788-9558 0755-33019988 [Http://www.bctc-lab.com](http://www.bctc-lab.com) [Http://www.btc-lab.com](http://www.btc-lab.com)

TCB

GRANT OF EQUIPMENT  
AUTHORIZATION

TCB

Certification  
Issued Under the Authority of the  
Federal Communications Commission  
By:

PHOENIX TESTLAB GmbH  
Koenigswinkel 10  
32825 Blomberg,  
Germany

Date of Grant: 12/30/2014  
Application Dated: 12/30/2014

Shenzhen Anxinke technology co., LTD  
5A,B Building,Gushu WanLiHua Industrial  
XiXiang Town,BaoAn District  
ShenZhen,  
China

Attention: Zhao Tongyang

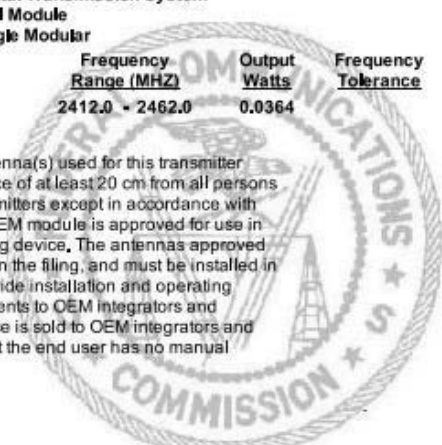
NOT TRANSFERABLE

EQUIPMENT AUTHORIZATION is hereby issued to the named GRANTEE,  
and is VALID ONLY for the equipment identified hereon for use under the  
Commission's Rules and Regulations listed below.

FCC IDENTIFIER: 2ADUIESP-12  
Name of Grantee: Shenzhen Anxinke technology co., LTD  
Equipment Class: Digital Transmission System  
Notes: WIFI Module  
Modular Type: Single Modular

<u>Grant Notes</u>	<u>FCC Rule Parts</u>	<u>Frequency Range (MHZ)</u>	<u>Output Watts</u>	<u>Frequency Tolerance</u>	<u>Emission Designator</u>
	15C	2412.0 - 2462.0	0.0364		

Output Power listed is peak conducted. The antenna(s) used for this transmitter must be installed to provide a separation distance of at least 20 cm from all persons and must not be co-located with any other transmitters except in accordance with FCC multi-transmitter product procedures. This OEM module is approved for use in products operating as mobile or fixed transmitting device. The antennas approved for use with this module are those documented in the filing, and must be installed in the manner specified therein. Grantee shall provide installation and operating instructions for satisfying RF exposure requirements to OEM integrators and installers. This grant is valid only when the device is sold to OEM integrators and the OEM integrators are instructed to ensure that the end user has no manual instructions to remove or install the device.





### TEST RESULT CERTIFICATION

**Applicant's name** ..... : Shenzhen Anxinke technology co., LTD  
**Address** ..... : 5A,B Building,Gushu WanLiHua Industrial,XIXiang Town,  
BaoAn District,ShenZhen,China  
**Manufacture's Name** ..... : Shenzhen Anxinke technology co., LTD  
**Address** ..... : 5A,B Building,Gushu WanLiHua Industrial,XIXiang Town,  
BaoAn District,ShenZhen,China

**Product description**

**Product name** ..... : WIFI Module  
**Model and/or type reference** : ESP-12  
**Serial Model**..... : ESP  
**Standards** ..... : FCC Part15.247

**Test procedure**.....ANSI C63.4-2003

This device described above has been tested by BCTC, and the test results show that the equipment under test (EUT) is in compliance with the FCC requirements. And it is applicable only to the tested sample identified in the report.

This report shall not be reproduced except in full, without the written approval of BCTC, this document may be altered or revised by BCTC, personal only, and shall be noted in the revision of the document.

**Test Result**.....: **Pass**

Prepared by(Engineer):

*Eric Yang*

Reviewer(Quality Manager):

*Sophie Lu*

Approved & Authorized Signer(Manager):

*Casey Wang*





2N3904

## SMALL SIGNAL NPN TRANSISTOR

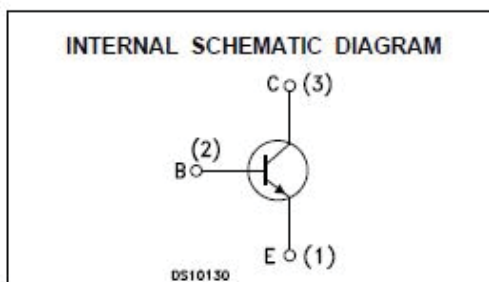
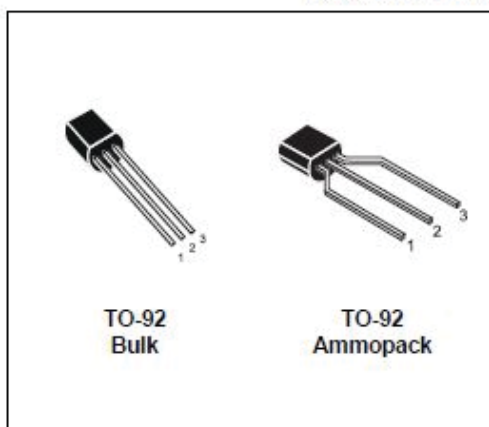
PRELIMINARY DATA

Ordering Code	Marking	Package / Shipment
2N3904	2N3904	TO-92 / Bulk
2N3904-AP	2N3904	TO-92 / Ammopack

- SILICON EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR
- TO-92 PACKAGE SUITABLE FOR THROUGH-HOLE PCB ASSEMBLY
- THE PNP COMPLEMENTARY TYPE IS 2N3906

### APPLICATIONS

- WELL SUITABLE FOR TV AND HOME APPLIANCE EQUIPMENT
- SMALL LOAD SWITCH TRANSISTOR WITH HIGH GAIN AND LOW SATURATION VOLTAGE



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )	60	V
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )	40	V
$V_{EB0}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )	6	V
$I_C$	Collector Current	200	mA
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_C = 25^\circ\text{C}$	625	mW
$T_{stg}$	Storage Temperature	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
$T_J$	Max. Operating Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$





## General Purpose Plastic Rectifier



DO-204AL (DO-41)

## FEATURES

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC

RoHS  
COMPLIANT

## TYPICAL APPLICATIONS

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes application.

## Note

- These devices are not AEC-Q101 qualified.

## MECHANICAL DATA

**Case:** DO-204AL, molded epoxy body  
Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating  
Base P/N-E3 - RoHS compliant, commercial grade

**Terminals:** Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102  
E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

**Polarity:** Color band denotes cathode end

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	1.0 A
$V_{RRM}$	50 V to 1000 V
$I_{FSM}$ (8.3 ms sine-wave)	30 A
$I_{FSM}$ (square wave $t_p = 1$ ms)	45 A
$V_F$	1.1 V
$I_R$	5.0 $\mu$ A
$T_J$ max.	150 °C

MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25$ °C unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	$V_{RRM}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	$V_{RMS}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	$V_{DC}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at $T_A = 75$ °C	$I_{F(AV)}$	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	$I_{FSM}$	30							A
Non-repetitive peak forward surge current square waveform $T_A = 25$ °C (fig. 3)	$t_p = 1$ ms	45							A
	$t_p = 2$ ms	35							
	$t_p = 5$ ms	30							
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5 mm) lead length $T_L = 75$ °C	$I_{R(AV)}$	30							$\mu$ A
Rating for fusing ( $t < 8.3$ ms)	$I^2t$ (1)	3.7							A <sup>2</sup> s
Operating junction and storage temperature range	$T_J, T_{STG}$	- 50 to + 150							°C

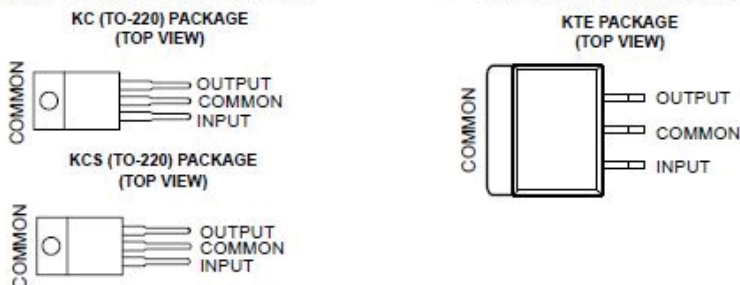
## Note

(1) For device using on bridge rectifier application

# μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection
- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation



## description/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

## ORDERING INFORMATION

T <sub>J</sub>	V <sub>O(NOM)</sub> (V)	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 125°C	5	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7805CKTER	μA7805C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7805CKC	μA7805C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7805CKCS	
	8	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7808CKTER	μA7808C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7808CKC	μA7808C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7808CKCS	
	10	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7810CKTER	μA7810C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7810CKC	μA7810C
		POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7812CKTER	μA7812C
	12	TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7812CKC	μA7812C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7812CKCS	
		15	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7815CKTER
	TO-220 (KC)		Tube of 50	μA7815CKC	μA7815C
	TO-220, short shoulder (KCS)		Tube of 20	μA7815CKCS	
24	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7824CKTER	μA7824C	
	TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7824CKC	μA7824C	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at [www.ti.com/sc/package](http://www.ti.com/sc/package).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS  
INSTRUMENTS**  
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

## μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

### recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT		
V <sub>I</sub>	Input voltage	μA7805C	7	25	V	
		μA7808C	10.5	25		
		μA7810C	12.5	28		
		μA7812C	14.5	30		
		μA7815C	17.5	30		
		μA7824C	27	38		
I <sub>O</sub>	Output current			1.5	A	
T <sub>J</sub>	Operating virtual junction temperature	μA7800C series		0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V<sub>I</sub> = 10 V, I<sub>O</sub> = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T <sub>J</sub> †	μA7805C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I <sub>O</sub> = 5 mA to 1 A, V <sub>I</sub> = 7 V to 20 V, P <sub>D</sub> ≤ 15 W	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	V <sub>I</sub> = 7 V to 25 V	25°C	3		100	mV
	V <sub>I</sub> = 8 V to 12 V		1		50	
Ripple rejection	V <sub>I</sub> = 8 V to 18 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	I <sub>O</sub> = 5 mA to 1.5 A	25°C	15		100	mV
	I <sub>O</sub> = 250 mA to 750 mA		5		50	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C	0.017			Ω
Temperature coefficient of output voltage	I <sub>O</sub> = 5 mA	0°C to 125°C	-1.1			mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C	40			μV
Dropout voltage	I <sub>O</sub> = 1 A	25°C	2			V
Bias current		25°C	4.2	8		mA
Bias current change	V <sub>I</sub> = 7 V to 25 V	0°C to 125°C	1.3			mA
	I <sub>O</sub> = 5 mA to 1 A		0.5			
Short-circuit output current		25°C	750			mA
Peak output current		25°C	2.2			A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

